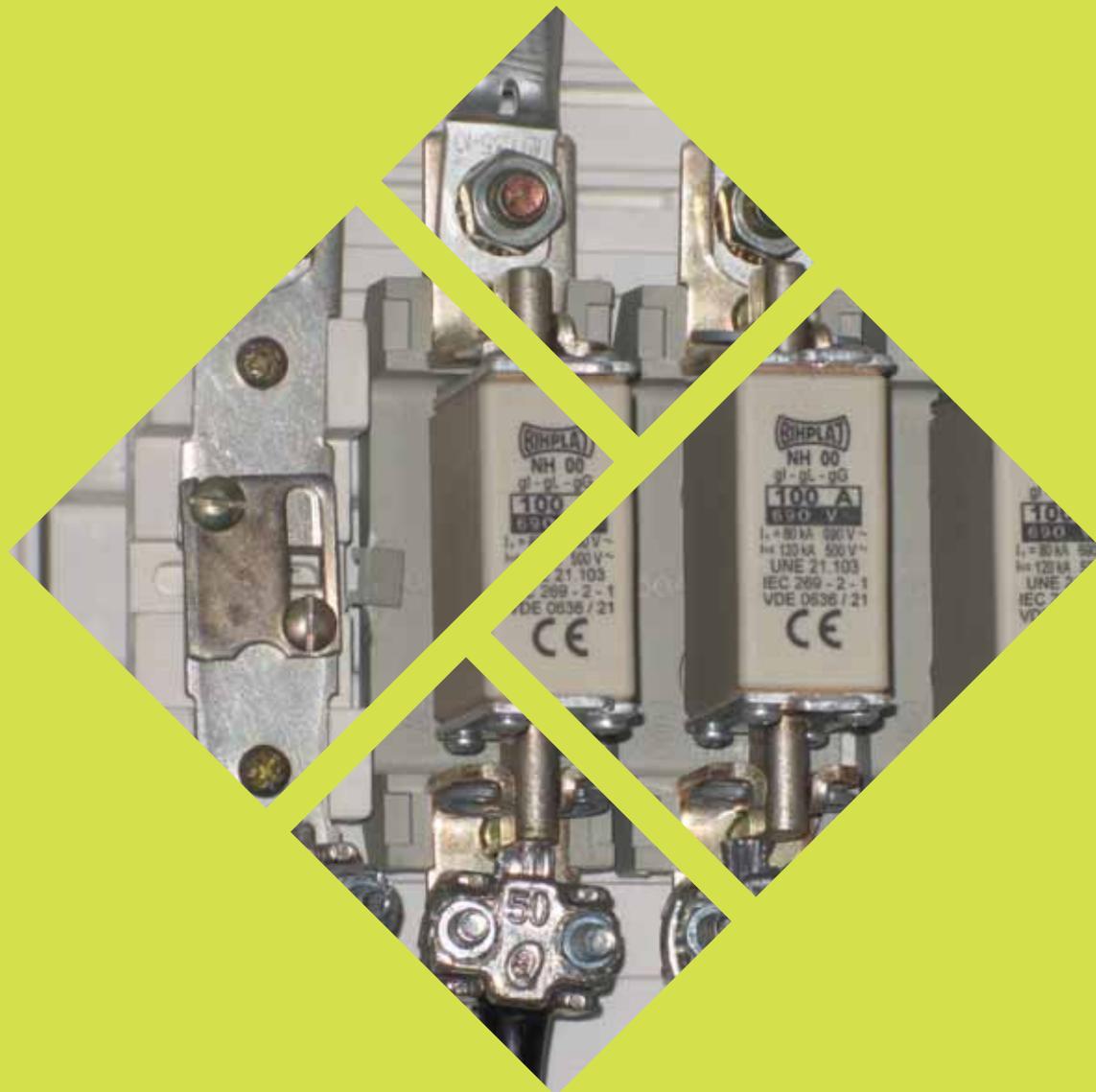


Instalaciones eléctricas interiores

Manuel Cabello, Miguel Sánchez

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



Instalaciones eléctricas interiores

Manuel Cabello Rivero - Miguel Sánchez Ortiz



ÍNDICE

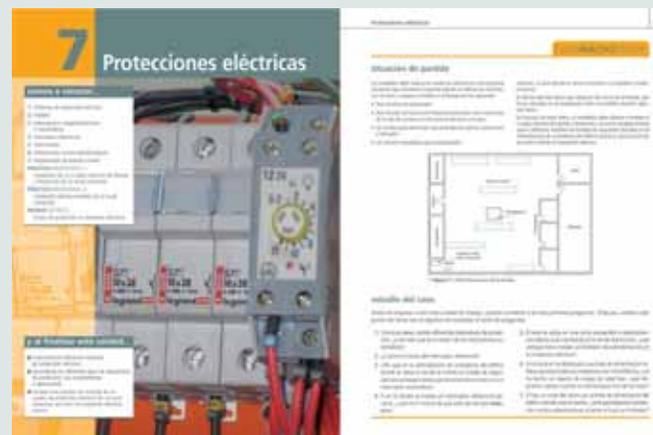
1. Circuitos eléctricos básicos I	6
1 El circuito eléctrico	8
2 Simbología eléctrica	13
3 Esquemas eléctricos	15
4 Mecanismos, cajas de mecanismos, cajas de registro y bornes de conexión	17
5 Circuitos básicos	20
6 Magnitudes y medidas eléctricas	25
Práctica Profesional 1: Montaje de circuitos básicos de un punto de luz, una conmutada, una toma de corriente y un timbre	30
Práctica Profesional 2: Montaje de una instalación eléctrica de fluorescentes accionados desde un punto y desde tres puntos	33
Mundo Técnico: La guerra eléctrica	36
2. Circuitos eléctricos básicos II	38
1 Dispositivos libres de potencial y no libres de potencial	40
2 Mecanismos automáticos temporizados	41
3 Sensores	47
4 Reguladores de luminosidad	49
5 Relés, contactores y temporizadores	52
6 Otros dispositivos de aplicación a las instalaciones eléctricas	57
Práctica Profesional 1: Instalación de alumbrado de un pequeño pabellón deportivo controlada por un interruptor horario y un interruptor crepuscular	60
Práctica Profesional 2: Instalación eléctrica de alumbrado temporizado y por detector de presencia	62
Mundo Técnico: Características y programación de un interruptor horario digital	64
3. Normativa y reglamentación	66
1 El Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Objeto y campo de aplicación	68
2 Instaladores autorizados en Baja Tensión	70
3 Documentación técnica de las instalaciones eléctricas en Baja Tensión	74
4 Verificaciones iniciales, tramitación de documentación y puesta en servicio	77
Práctica Profesional: Documentación para una instalación eléctrica de un edificio de viviendas	80
Mundo Técnico: Medios técnicos requeridos a los instaladores autorizados en Baja Tensión	84
4. Instalaciones eléctricas en viviendas	86
1 Introducción a las instalaciones domésticas	88
2 El Cuadro General de Mando y Protección (CGMP)	88
3 Grados de electrificación y previsión de potencia	90
4 Características eléctricas de los circuitos en viviendas	97
5 Puntos de utilización	100
6 Instalaciones en cuartos de baño	105
7 Representación esquemática de las instalaciones en viviendas	106
Práctica Profesional: Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado	112
Mundo Técnico: Automatización, confort y seguridad en las instalaciones domésticas	118
5. Conductores eléctricos	120
1 Materiales, secciones, aislamientos y constitución de conductores	122
2 Designación de conductores	125
3 Cálculo de la sección de los conductores	130
Práctica Profesional: Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado público y montaje de la instalación	144
Mundo Técnico: Cables libres de halógenos (cables de alta seguridad)	146
6. Canalizaciones y envoltentes	148
1 Canalizaciones	150
2 Trazado y canalización de conductores	164
3 Envoltentes	166
Práctica Profesional 1: Montaje de una canalización estanca para alimentar dos máquinas industriales y mecanizado de un cuadro secundario	174
Práctica Profesional 2: Montaje de una canalización mediante bandejas perforadas	178
Mundo Técnico: Grados de protección IP IK	180
7. Protecciones eléctricas	182
1 Sistemas de protección eléctrica	184
2 Fusibles	187
3 Interruptores magnetotérmicos o automáticos	191
4 Interruptor diferencial	195



5 Selectividad	198	2 Separación de circuitos y reparto de cargas ..	278
6 Protección contra sobretensiones	201	3 Cuadros secundarios, canalizaciones, clavijas y bases de corriente industriales ...	285
7 Instalaciones de puesta a tierra	204	Práctica Profesional: Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas	294
Práctica Profesional 1: Instalación de un Cuadro General de Mando y Protección de un local comercial	208	Mundo Técnico: Baterías automáticas de condensadores para la mejora del factor de potencia	300
Práctica Profesional 2: Instalación eléctrica interior de un local comercial	210	11. Instalaciones interiores especiales	302
Mundo Técnico: Clases de protección en aparatos eléctricos	212	1 Instalaciones en locales de pública conurrencia	304
8. Instalaciones en edificios de viviendas	214	2 Locales de características especiales	314
1 Partes que componen la electrificación de un edificio	216	3 Instalaciones eléctricas con fines especiales ..	316
2 Previsión de carga	217	Práctica Profesional 1: Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería	324
3 Instalación de enlace	220	Práctica Profesional 2: Montaje de la instalación eléctrica de una fuente pública ..	328
4 Instalaciones receptoras en los edificios ...	227	Mundo Técnico: Canalizaciones eléctricas bajo suelo técnico	330
Práctica Profesional 1: Montaje de una instalación de enlace y cuadro de servicios generales en un edificio de viviendas .	234	12. Mantenimiento eléctrico	332
Práctica Profesional 2: Instalación eléctrica de un garaje de un edificio de viviendas	238	1 Tipos de mantenimiento	334
Mundo Técnico: Instalación de puesta a tierra en edificios	240	2 Verificaciones e inspecciones iniciales previas a la puesta en servicio de una instalación	334
9. Luminotecnia	242	3 Mantenimiento preventivo	341
1 Magnitudes características en luminotecnia .	244	4 Mantenimiento correctivo. Averías tipo ...	343
2 Tipología de lámparas eléctricas	248	Práctica Profesional: Montaje de un entrenador de averías y ensayos	346
3 Regulación y control de alumbrado	257	Mundo Técnico: Mantenimiento mediante termografía	350
4 Diseño de alumbrado de interiores	259	Anexos	352
Práctica Profesional 1: Instalación de un sistema de alumbrado LED con tres escalones de potencia	266	A Simbología eléctrica	353
Práctica Profesional 2: Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control	270	B Localización de averías	354
Mundo Técnico: Tabla resumen de características de las lámparas	272	C Ejercicios de instalaciones eléctricas interiores	356
10. Instalaciones eléctricas en industrias	274	Soluciones: Evalúa tus conocimientos	359
1 Suministro eléctrico en instalaciones industriales	276	Soluciones: Test del REBT	360

CÓMO SE USA ESTE LIBRO

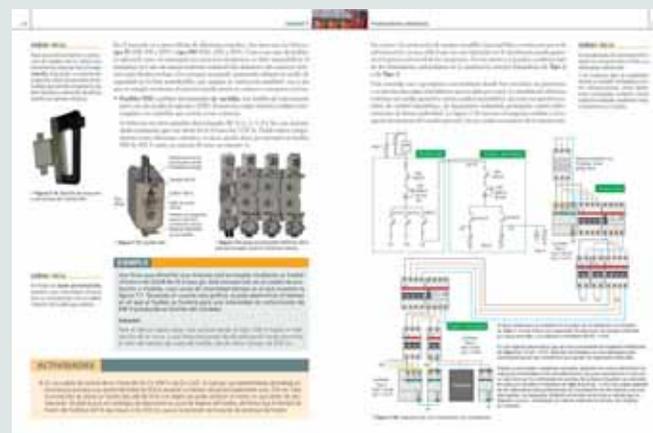
Cada unidad de este libro comienza con un **caso práctico inicial** que plantea una situación relacionada con el ejercicio profesional y vinculado con el contenido de la unidad de trabajo. Consta de una *situación de partida* y de un *estudio del caso*, que o bien lo resuelve o bien da indicaciones para su análisis a lo largo de la unidad. El caso práctico inicial se convierte en el **eje vertebrador de la unidad** ya que se incluirán continuas referencias a este caso concreto a lo largo del desarrollo de los contenidos.



El desarrollo de los contenidos aparece acompañado de numerosas ilustraciones, seleccionadas de entre los equipos y herramientas más frecuentes que te vas a encontrar al realizar tu trabajo.

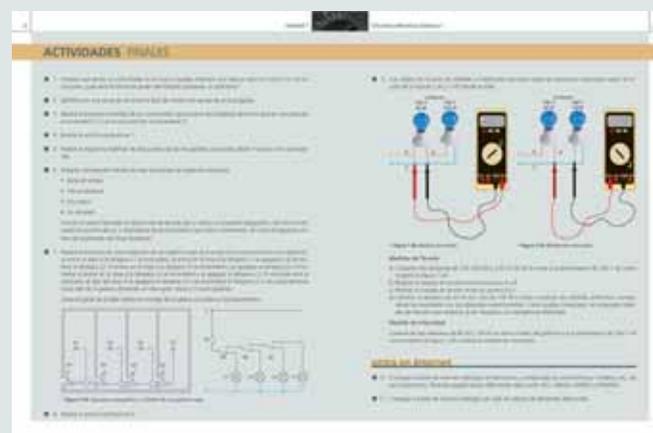
En los márgenes aparecen textos que amplían la información, vocabulario, conexión con conocimientos anteriores para profundizar en los conocimientos expuestos y llamadas al caso inicial.

A lo largo del texto se incorporan actividades **propuestas** y **ejemplos**, actividades de carácter práctico que ayudan a asimilar los conceptos tratados.



A continuación, te proponemos una serie de **actividades finales** para que apliques los conocimientos adquiridos y, a su vez, te sirvan como repaso.

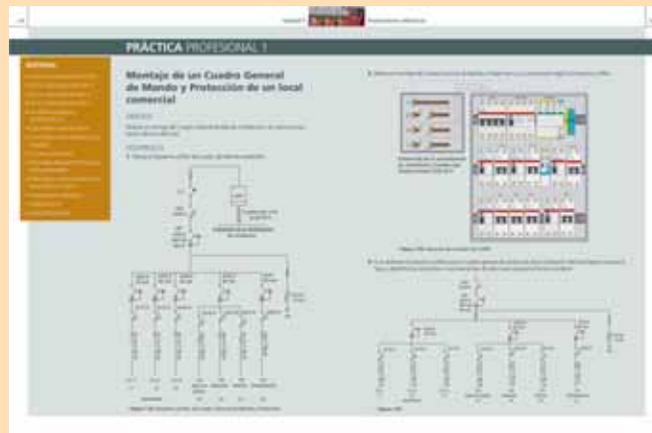
Además, en esta sección, se incluyen en el apartado **entra en Internet** una serie de actividades para cuya resolución es necesario consultar diversas páginas web sobre componentes y equipos.



Instalaciones eléctricas de interior

En la sección **práctica profesional** se plantea el desarrollo de un caso práctico en el que se describen las operaciones a realizar, 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.



La sección **mundo técnico** versa sobre información técnica de este sector vinculada a la unidad. Es importante conocer las últimas innovaciones existentes en el mercado y disponer de ejemplos reales para aplicar los contenidos tratados en la unidad.

La unidad finaliza con el apartado **en resumen**, mapa conceptual con los conceptos esenciales de la unidad y el apartado **evalúa tus conocimientos**: batería de preguntas que te permitirán comprobar el nivel de conocimientos adquiridos tras el estudio de la unidad.



Al final del libro se incorporan varios **anexos** sobre las recomendaciones a tener en cuenta en cuanto a simbología normalizada y localización de averías en instalaciones de interior. También se añaden algunos ejercicios con el fin de aplicar todos los conocimientos adquiridos.

En las última página del libro se aportan las **soluciones** a las cuestiones planteadas en la sección **evalúa tus conocimientos** y en los cuestionarios sobre el **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)**.



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 1

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

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

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

MUNDO TÉCNICO

La Guerra Eléctrica

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.

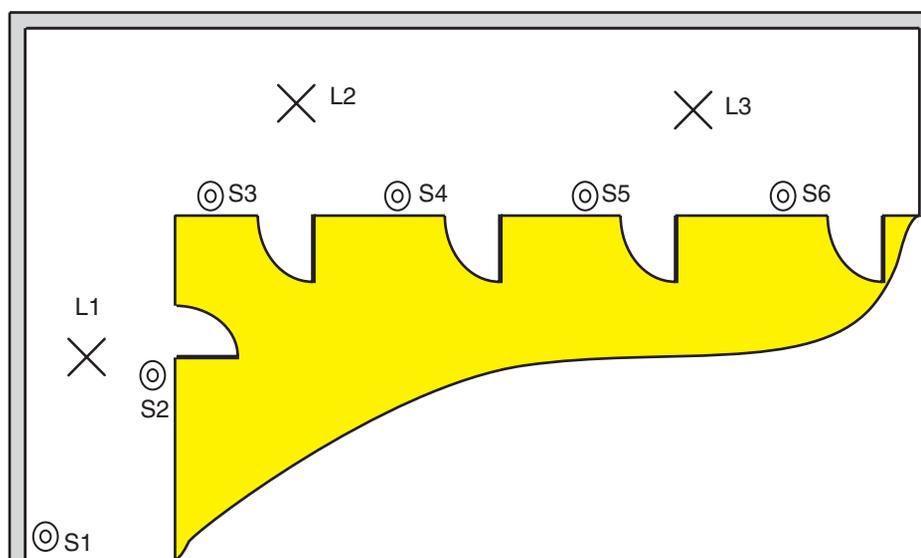


CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Un instalador electricista debe colocar 3 lámparas en el pasillo de un local. Dichas lámparas deben accionarse, al menos, desde 6 puntos.

Estudiado el caso debe decidir la forma más sencilla e idónea para realizar dicha instalación, así como los mecanismos a utilizar. Representar también un croquis de la instalación, un esquema unifilar y la ubicación de los puntos de accionamiento.

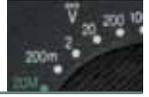


↑ Figura 1.1.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar a las tres primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema con el objetivo de contestar al resto de preguntas.

1. Ya sabes que existen mecanismos que pueden controlar luces desde dos puntos, ¿cómo se denominan estos dispositivos?
2. Si se desean controlar luces desde más de dos puntos, ¿cómo se denomina este sistema?
3. Como puede observarse, desde un mismo mecanismo se pueden encender varias luces a la vez (es el caso inicial en el que hay 3 lámparas). ¿Cómo se denomina esta conexión de las lámparas?
4. ¿Crees que un conmutador de cruce se puede utilizar como interruptor?
5. ¿Cuántos cables hay que llevar a un conmutador de cruce?
6. El telerruptor puede accionar lámparas desde varios puntos, ¿cuál es el mecanismo de accionamiento para realizar dicha operación?



1. El circuito eléctrico

Todo circuito eléctrico se compone de los siguientes elementos:

- **Generador eléctrico:** es el encargado de mantener 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 de un borne a otro para restablecer el equilibrio electrónico.
- **Receptor eléctrico:** es el encargado de convertir 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, siendo los materiales que se utilizan para la fabricación del conductor el 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.

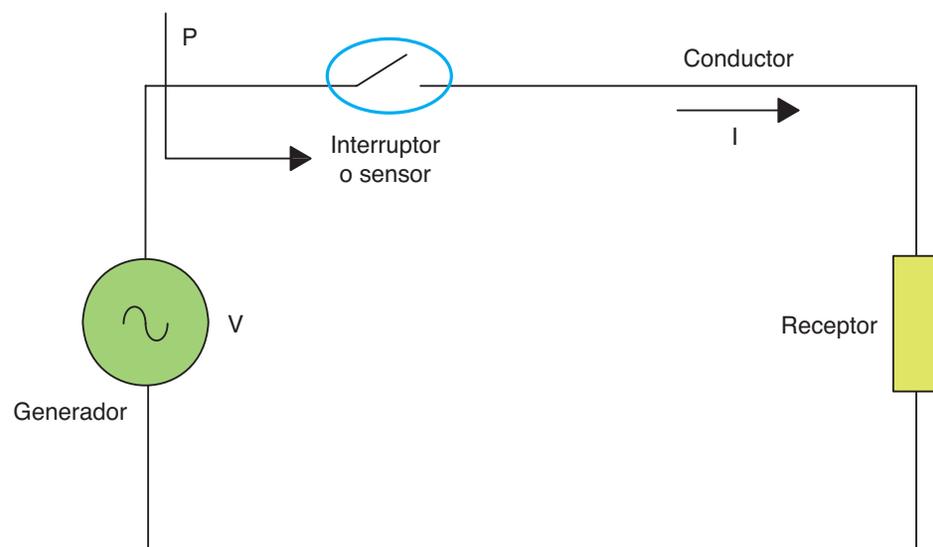
vocabulario

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)**.



↑ Figura 1.2. 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.

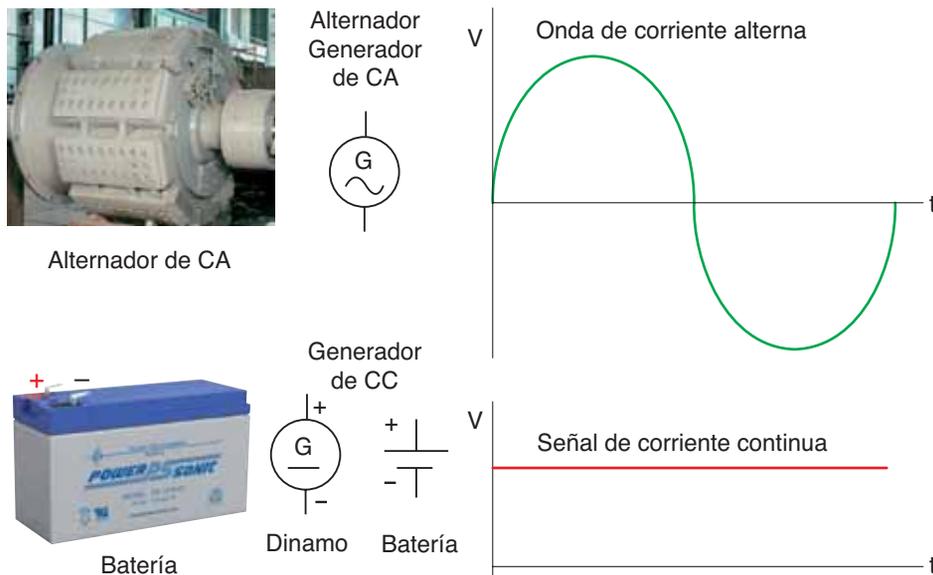
La magnitud fundamental que define un generador de corriente continua es la **tensión o diferencia de potencial (V)** y su unidad el **Voltio (V)**.

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.

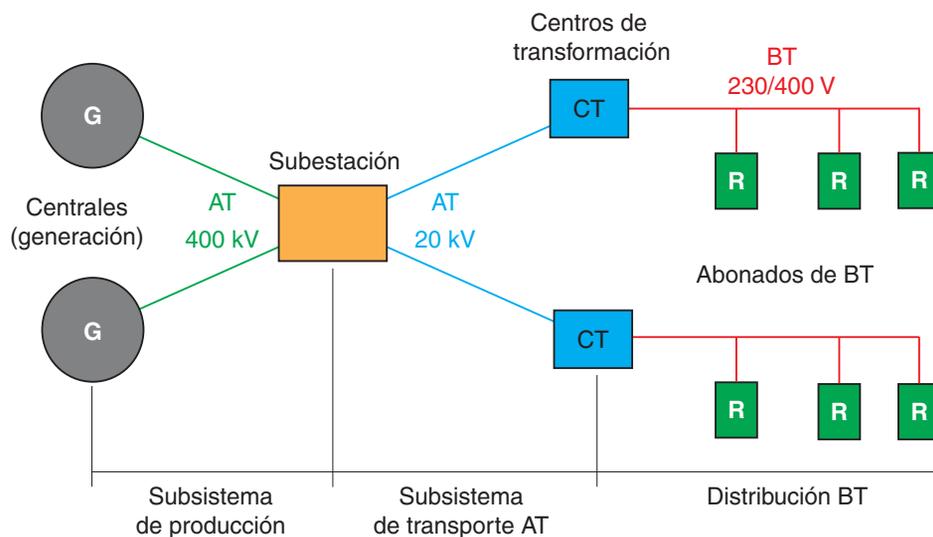
La mayoría de los receptores domésticos son de 230 V/50 Hz, esto quiere decir que se apagan 100 veces en un segundo (2 veces por ciclo) aunque el ojo humano no sea capaz de apreciarlo. Aun así suministran la misma energía que si estuvieran conectados a 230 V de corriente continua.

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



↑ **Figura 1.3.** 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 se puede elevar o reducir su tensión mediante transformadores. Otra razón fundamental es que los motores de CA poseen mayor rendimiento y requieren un menor mantenimiento que los de CC. 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.



↑ **Figura 1.4.** Sistema eléctrico de generación, transporte y distribución.

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, pudiendo diferenciar el sistema eléctrico en tres partes:

Producción: constituido por las centrales productoras de energía.

Transporte: que se origina en los centros de producción, de forma que mediante 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.

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: $500 < U_n \leq 1\,000 \text{ V}$

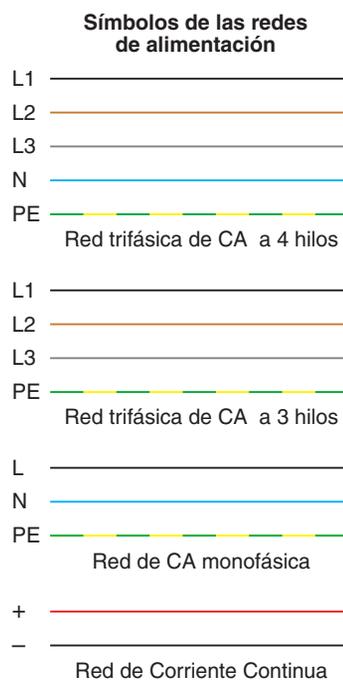
Siendo las tensiones nominales usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna de:

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



vocabulario

Es importante saber, ya que lo veremos en muchas especificaciones de fabricantes, que a la corriente continua se le denomina también DC y a la corriente alterna AC, que son sus acrónimos en inglés.



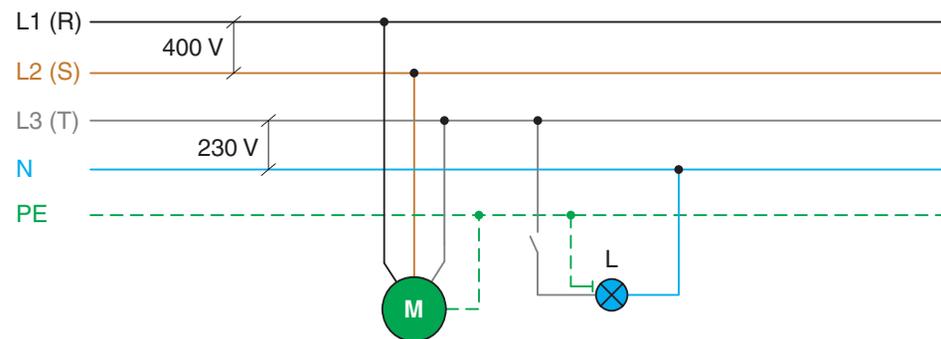
↑ Figura 1.5.

La corriente continua se obtiene de **dinamos** (generador electrodinámico) 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

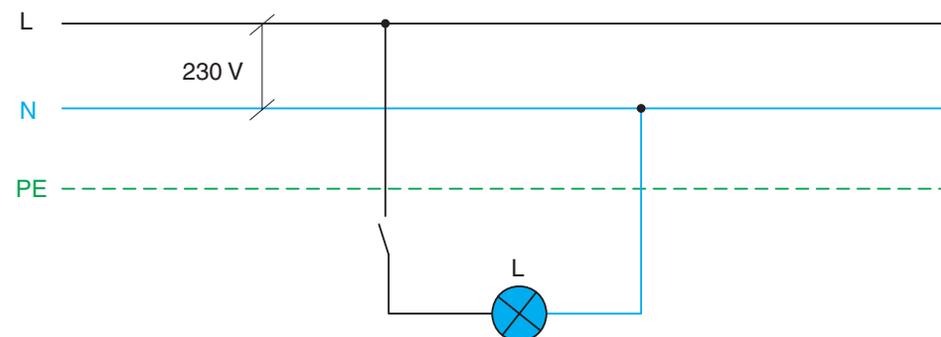
Si bien podemos encontrar líneas de alimentación en baja tensión de varias tipologías, las dos más frecuentes son:

Líneas trifásicas de CA a 4 hilos de 230/400 V. Como podemos apreciar en la figura 1.6. 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 1.6. Esquema de distribución de CA trifásico a 4 hilos.

Línea monofásica de CA a 2 hilos de 230V. 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 1.7. Esquema de distribución de CA monofásico.

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.

**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, que es el máximo permitido en corriente alterna.

■ 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**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.

1.3. El receptor

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

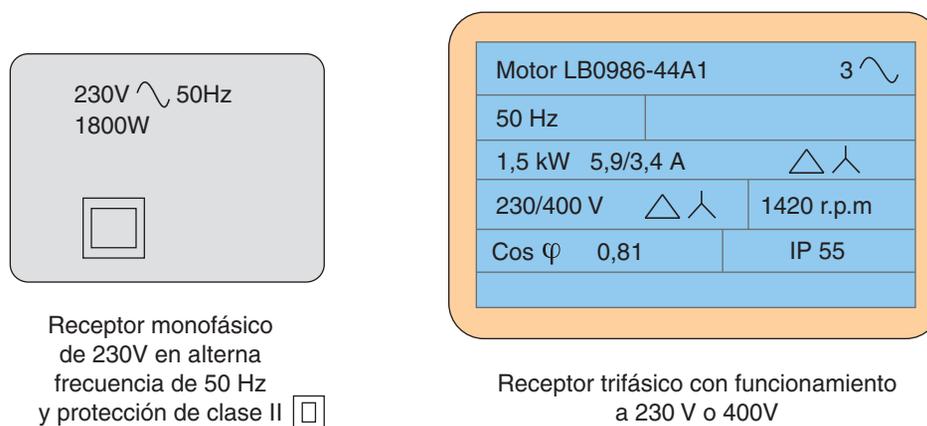
Atendiendo al tipo de suministro, los receptores pueden ser:

- **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 normalmente una placa de características donde se indican las magnitudes y datos más significativos del mismo.

saber más

La potencia es un término energético, siendo ésta 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 consumiría 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.



↑ **Figura 1.8.** Ejemplo de placa de características de un receptor monofásico y un receptor trifásico.



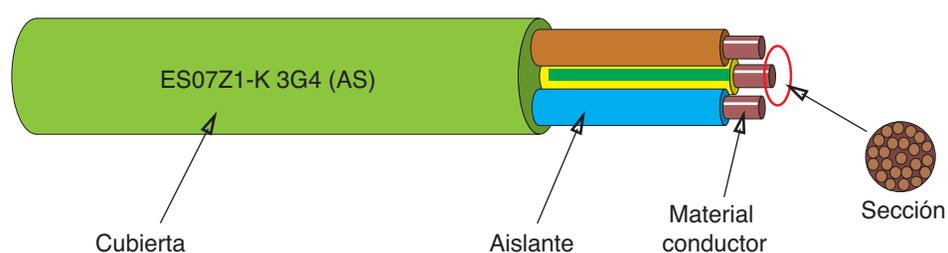
saber más

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.

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. Si bien la tipología de cables es muy amplia y se estudiará con mayor profundidad en temas posteriores, conviene tener claro que 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 1.9.** Manguera monofásica (fase + neutro + TT).

Para líneas de distribución eléctrica 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.

Secciones de conductores en mm ²			
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.

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.

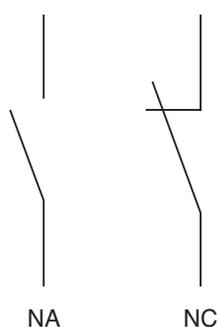
Dada la gran variedad de sensores existentes, se profundizará en su estudio a lo largo de este libro.

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 toda instalación eléctrica es necesaria la representación esquemática de la misma. Los esquemas muestran mediante símbolos cada uno de los elementos de la instalación. Quedan representados, por tanto, los conductores, la aparatamenta 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 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)**.



↑ **Figura 1.10.** Representación simbólica de contactos en reposo.

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).

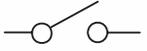
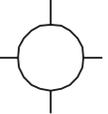
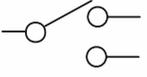
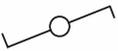
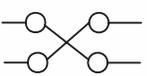
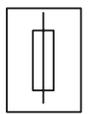
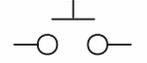
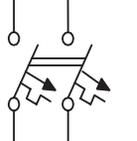
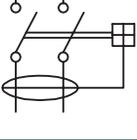
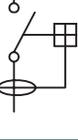
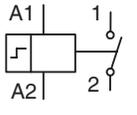
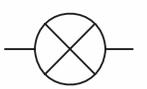
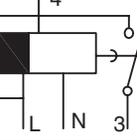
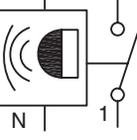
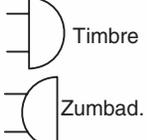
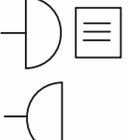
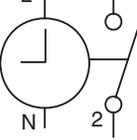
El multifilar representa todos sus contactos mientras que el unifilar representa de forma simplificada el mecanismo en concreto. Más adelante veremos cuando es conveniente la utilización de uno u otro símbolo en un esquema eléctrico.

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 $\cos \phi$ 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.



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.



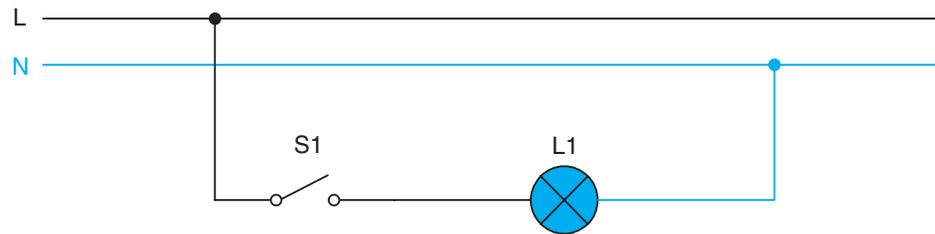
3. Esquemas eléctricos

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

Podemos distinguir tres tipos de esquemas eléctricos:

3.1. Esquema multifilar

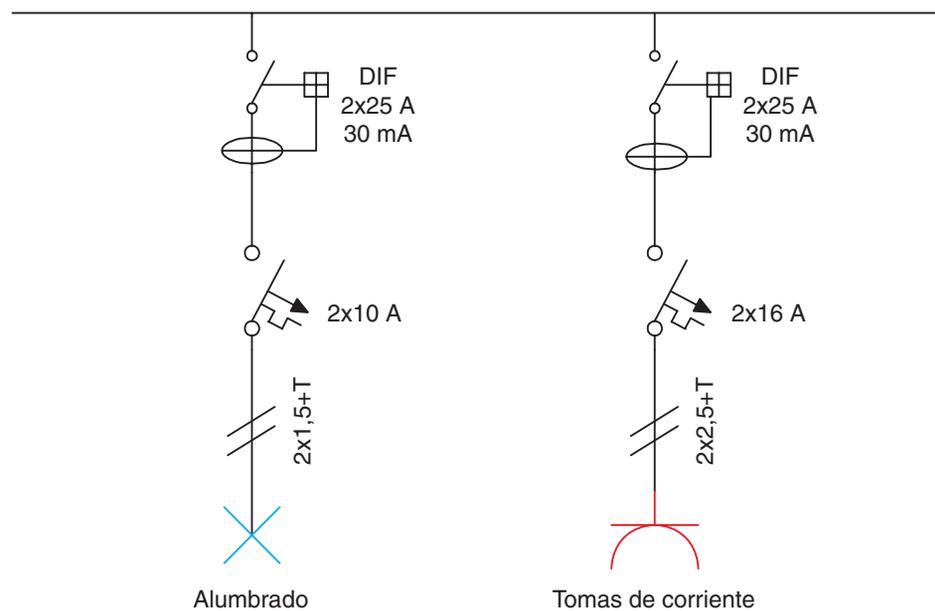
Representa de forma detallada una instalación representando todos los conductores, aparataje eléctrico, receptores, etc., y sus conexiones. Y se utiliza cuando se necesita una representación muy clara de las conexiones de los dispositivos que la componen para ser comprendidos por el instalador en el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



↑ Figura 1.11. Esquema multifilar de un punto de luz accionado por un interruptor.

3.2. Esquema unifilar

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



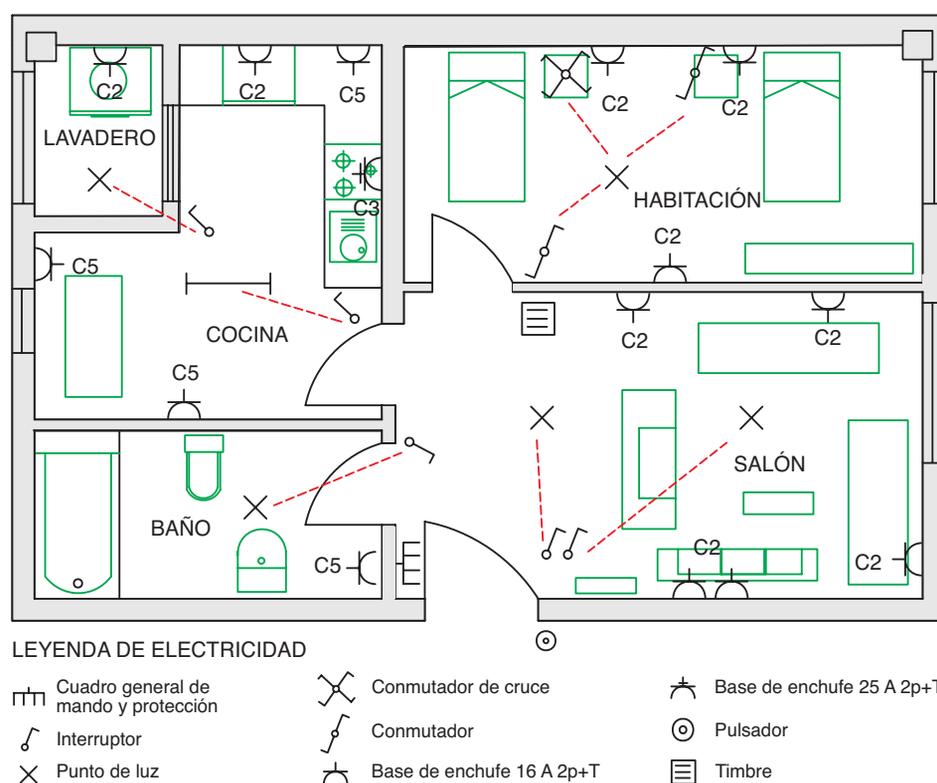
↑ Figura 1.12. Esquema unifilar de dos circuitos de parte de un cuadro general de mando y protección.



3.3. 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 1.13, el mecanismo o mecanismos que accionan un determinado punto de luz, así como una indicación del circuito al que pertenece cada toma de corriente.



↑ **Figura 1.13.** Esquema de distribución en planta o topográfico de una vivienda.

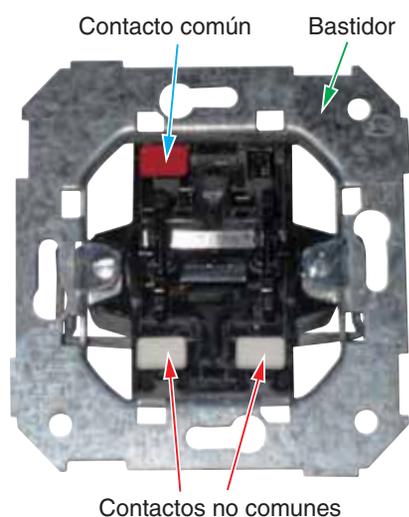
Al realizar un proyecto eléctrico, una correcta esquematización de los circuitos es muy importante para su posterior interpretación y montaje. Como vemos en el esquema multifilar, se representan el conexionado y el cableado de los dispositivos de forma simbólica, con esto se consigue comprender rápidamente 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 1.12 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 éstos 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.



↑ **Figura 1.14.** Conmutador ancho insertado en bastidor.

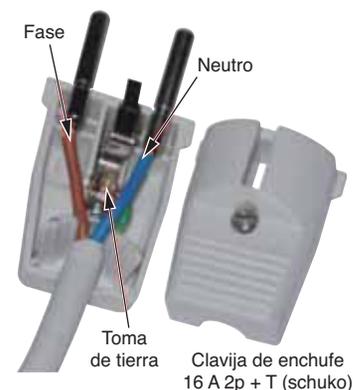


↑ **Figura 1.15.** Base de corriente schuko de 16 A 2p+T.

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, otro claro ejemplo lo tenemos en el conmutador de cruce, en el cual los contactos de un color no entran nunca en conexión y sí entran en conexión los de diferente color según la posición del mismo. Resumiendo, dos contactos con pestañas del mismo color identifican que dichos contactos no entrarán nunca en conexión.

Denominamos toma de corriente o base enchufe al dispositivo que nos permite conectar los receptores al suministro, de forma rápida y sencilla sin ningún tipo de herramienta, utilizando otro dispositivo denominado clavija de enchufe.

Su característica principal es la intensidad máxima que soporta cuando está conectado un receptor. Esta intensidad no debe entenderse, como en el caso de los mecanismos, como una intensidad de conexión y desconexión, ya que la toma de corriente no está preparada para soportar la chispa que se genera, siendo ésta la razón por la que muchas tomas de corriente se queman sin que



↑ **Figura 1.16.** Clavija de enchufe schuko de 16 A 2p+T.



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.

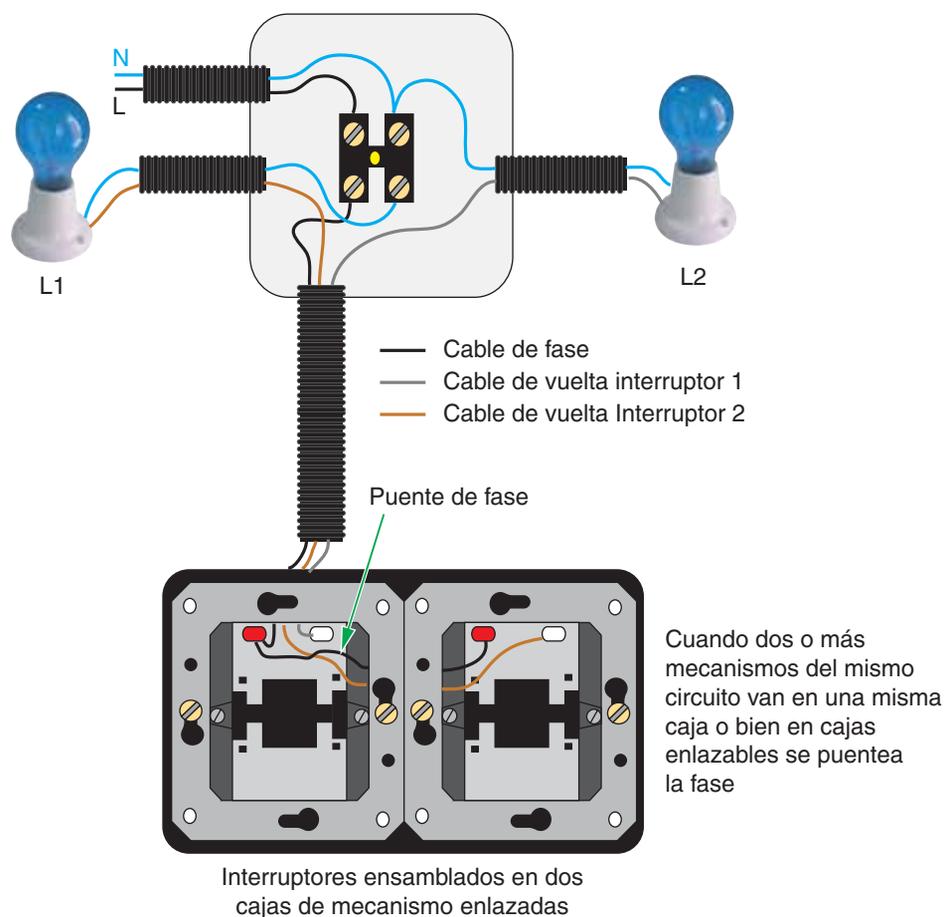


↑ **Figura 1.17.** Toma de corriente de 25 A 2p+T.

a ellas se conecten receptores que superen su intensidad máxima. 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.

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

Los mecanismos suelen llevar dos bases por cada punto de conexión. Esto posibilita puentear con otro elemento, como puede ser el caso de interruptores en una misma caja o en cajas enlazables, donde solo es necesario llevar tres cables, uno de fase y dos de «vuelta», hacia las lámparas. Internamente se puentea la fase de un interruptor a otro.



↑ **Figura 1.18.** 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 ofrecen una gran cantidad de teclas y embellecedores de diferentes colores y tonalidades para aplicaciones domésticas.

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 combinación de ellos utilizando mecanismos y teclas de tipo estrecho.



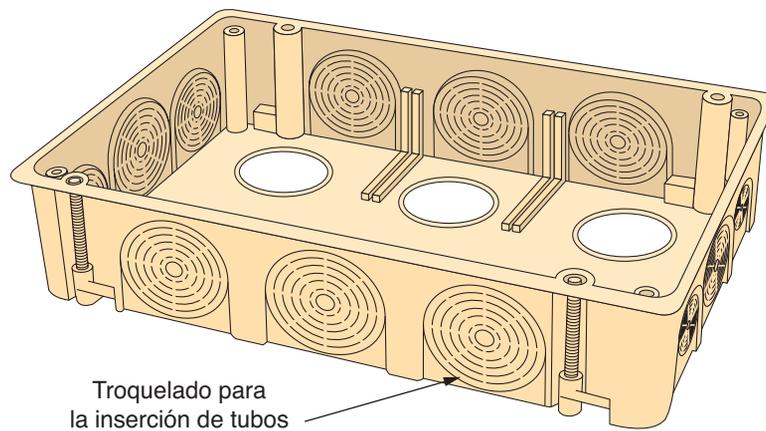
Cajas se mecanismos

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 75x75x41 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.



↑ Figura 1.20. 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 1.21. Cajas de registro: empotrable y de superficie de PVC y metálica (GEWISS).



↑ Figura 1.19. 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.



↑ **Figura 1.22.** Regletas de conexión.

Regletas de conexión

Dentro de las cajas de registro la interconexión entre conductores se debe hacer con dispositivos adecuados de empalmes, 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 mediante tornillo el empalme, 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, de forma que la elección de una u otra medida depende de la sección de los conductores y la cantidad de conductores a empalmar en cada borne de la regleta.

5. Circuitos básicos

En cualquier instalación eléctrica existen una gran variedad de circuitos, comenzaremos por ver los circuitos más usuales que se realizan en la mayoría de las instalaciones eléctricas.

5.1. Circuito con accionamiento por interruptor

Es el dispositivo más utilizado en las instalaciones domésticas, su objetivo es abrir o cerrar un circuito con el simple hecho de pulsar una tecla, aunque existen diferentes variantes de accionamiento tales como de palanca, de tirador, de llave, etc. Este mecanismo únicamente permite el accionamiento de un receptor desde una sola posición.

5.2. Circuito con accionamiento por conmutador

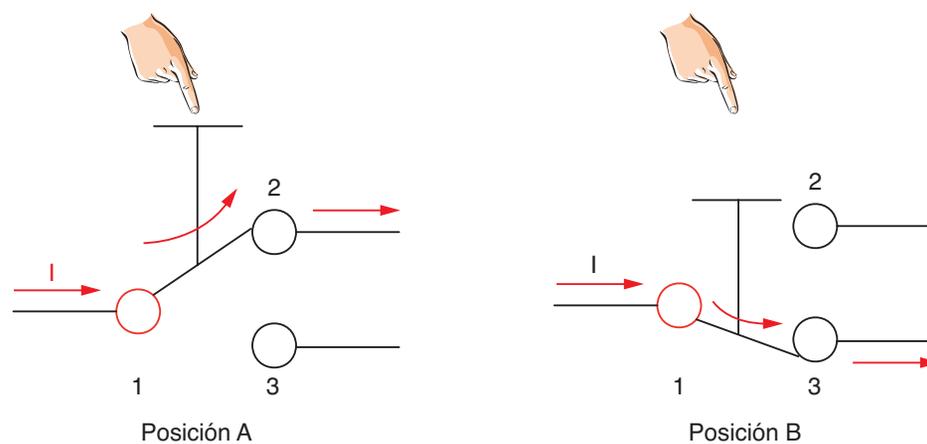
Denominado también conmutador simple, es un mecanismo que permite el accionamiento de receptores desde dos puntos diferentes. Estos mecanismos disponen de tres contactos: el primero es «común» denominado *punte*, y los otros dos son contactos independientes «no comunes» los cuales no podrán **nunca** estar en contacto eléctrico, al contrario que el común o puente que podrá entrar en contacto con cualquiera de los dos contactos independientes (o no comunes) según la posición del mecanismo.

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, aparecen con diferentes colores y tonalidades que se adaptan al entorno donde vayan a colocarse.



↑ **Figura 1.23.** Interruptor y toma de corriente con placa embellecedora y tecla (BJC serie CORAL).

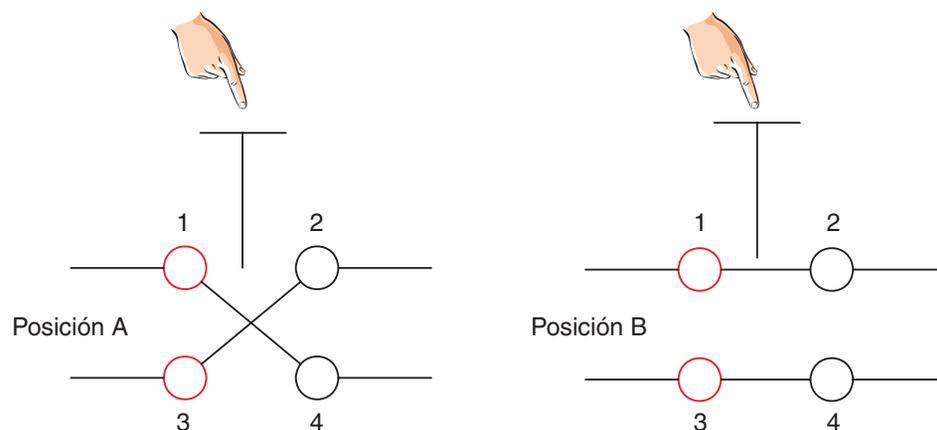


↑ **Figura 1.24.** Posiciones de un conmutador.



5.3. Circuito con accionamiento por conmutador de cruce

Este mecanismo se utiliza como complemento con los conmutadores simples para poder accionar un receptor desde tres o más puntos. Este dispositivo posee cuatro contactos de tal forma que se comunican dos a dos según la posición del mecanismo.



↑ Figura 1.25. Posiciones de un conmutador de cruce.

caso práctico inicial

Para controlar un receptor desde varios puntos se necesita un sistema conmutado.

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 de que se deja de hacer presión, siendo en definitiva un interruptor con un muelle.

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 éstas (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:** éste 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.



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 éste el conductor de tierra.



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

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.

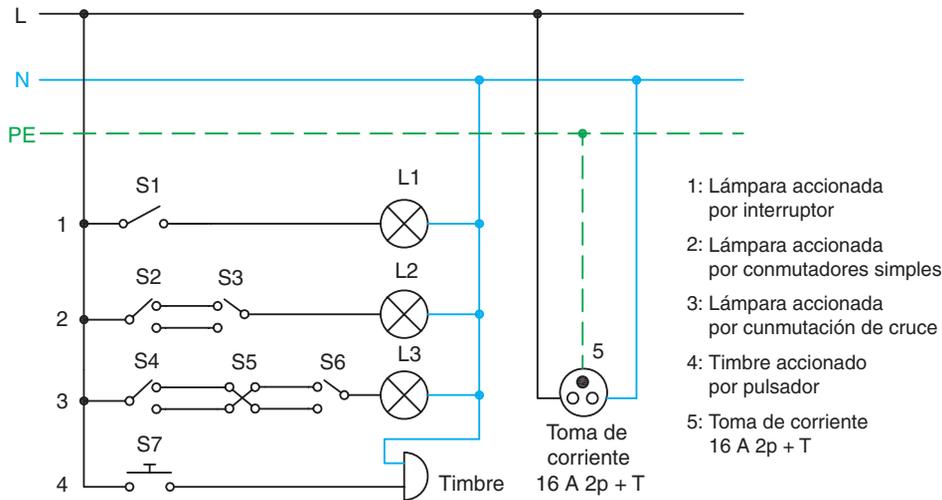
Los **portatubos** y **portacebadores** sirven para conectar el tubo y cebador respectivamente.



↑ Figura 1.29. Conjunto de elementos para lámparas fluorescentes.

5.8. Esquemas de circuitos básicos

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



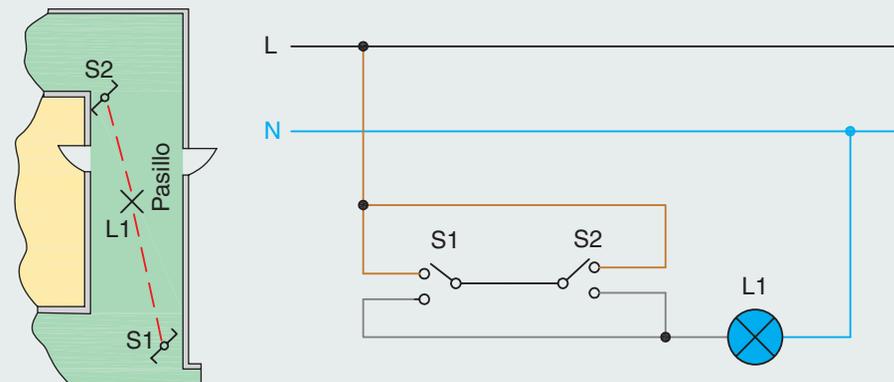
↑ **Figura 1.30.** Esquemas de conexión multifilar de interruptor, conmutador, conmutador de cruce, pulsador y toma de corriente.

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.

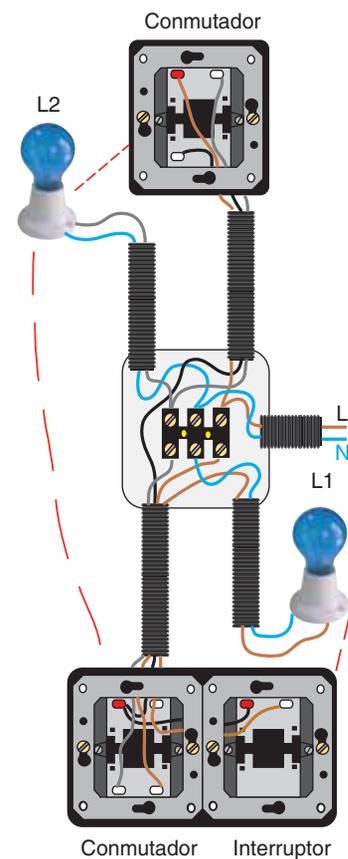
Solución:

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.



↑ **Figura 1.32.** Instalación de conmutadas en modo puente.



5.9. El telerruptor

caso práctico inicial

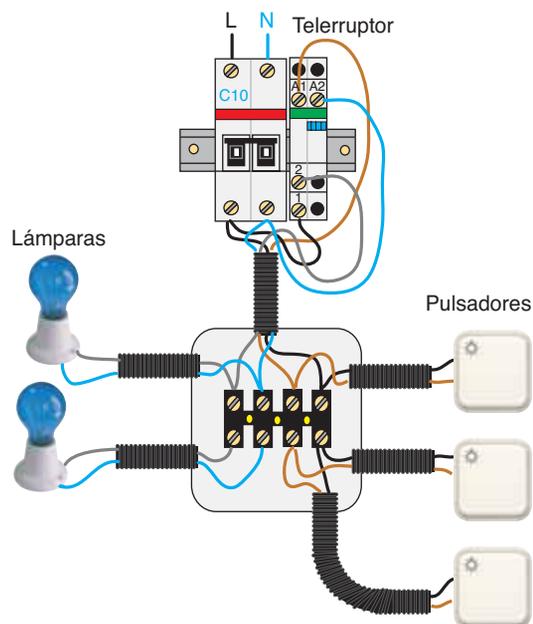
Este dispositivo da la posibilidad de controlar luces desde un número elevado de puntos sin necesidad de cableado excesivo.



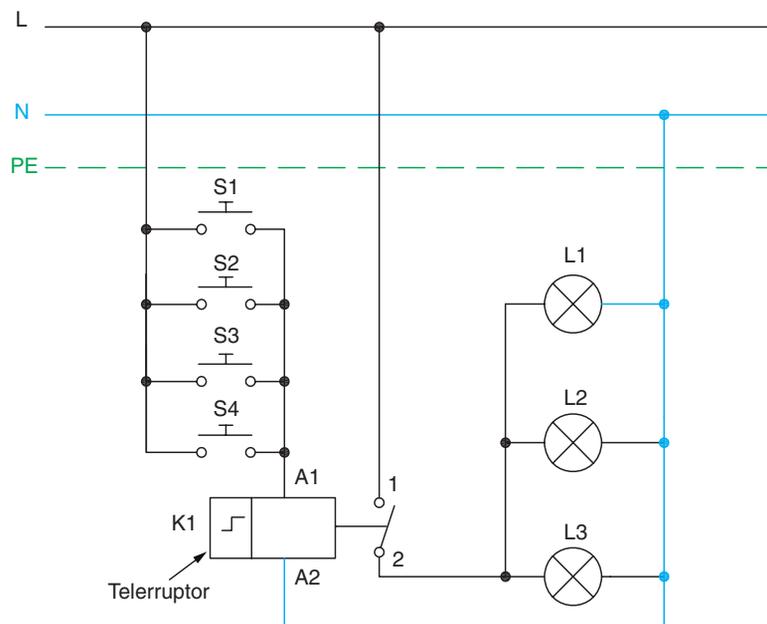
↑ Figura 1.33. Telerruptor.

Es un mecanismo eléctrico que se utiliza para realizar conmutaciones desde cualquier punto que sea necesario, internamente consta principalmente de una bobina y un contacto eléctrico, de forma que cuando a la bobina le llega un pulso de tensión de 230 V generado por un pulsador, el contacto eléctrico cambia de posición manteniéndose en dicha posición hasta que le llega un nuevo pulso eléctrico, de esta forma podemos constituir mediante pulsadores un sistema de conmutación de un receptor eléctrico.

Su aplicación reduce el cableado en el caso de haber un gran número de puntos de conmutación. El telerruptor, por tanto, simplifica la instalación. Éste se ubica en un cuadro en carril DIM, y de él parten dos hilos: uno hacia la conexión de los pulsadores y otro para conectar las lámparas. Así, los pulsadores terminan conectándose a la fase del circuito de alumbrado, mientras que las lámparas quedan conectadas al neutro de dicho circuito.



↑ Figuras 1.34. Montaje conmutado con telerruptor.



↑ Figuras 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 1.18 donde verás que puedes puentear la fase entre ambos interruptores.
2. 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 DIM. Se pide dibujar un croquis de dicho pasillo con las habitaciones que creas convenientes y sobre dicho esquema topográfico ubicar las lámparas y pulsadores. Finalmente dibuja el esquema multifilar para el control conmutado mediante telerruptor y realiza el montaje sobre el panel de pruebas simplificándolo con tres lámparas y dos o tres pulsadores.



6. Magnitudes y medidas eléctricas

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

Mágnitud	Unidad	Aparato de medida
Resistencia (R) (y continuidad)	Ohmio (Ω)	Ohmetro
Tensión (V)	Voltio (V)	Voltímetro
Intensidad (I)	Amperio (A)	Aperímetro
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)	Kilovoltiamperioshora (kVArh)	Contador de energía reactiva
Frecuencia	Herzio (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, resistencia y 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 escala 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 1.37 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.

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 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.



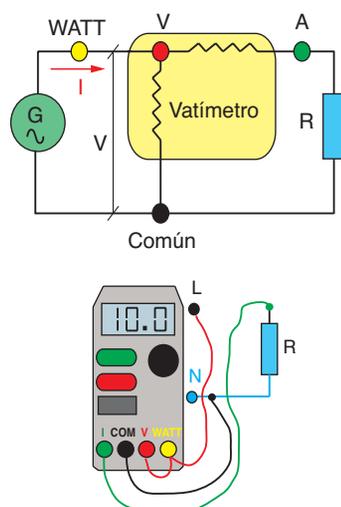
↑ **Figura 1.36.** Buscapolos.



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 1.37 muestra la conexión de un vatímetro para realizar una medida de potencia en una línea monofásica.



↑ Figura 1.37. Medida de potencia de un receptor en una línea monofásica.

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 0Ω . 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.



↑ Figura 1.38. Vatímetro digital.



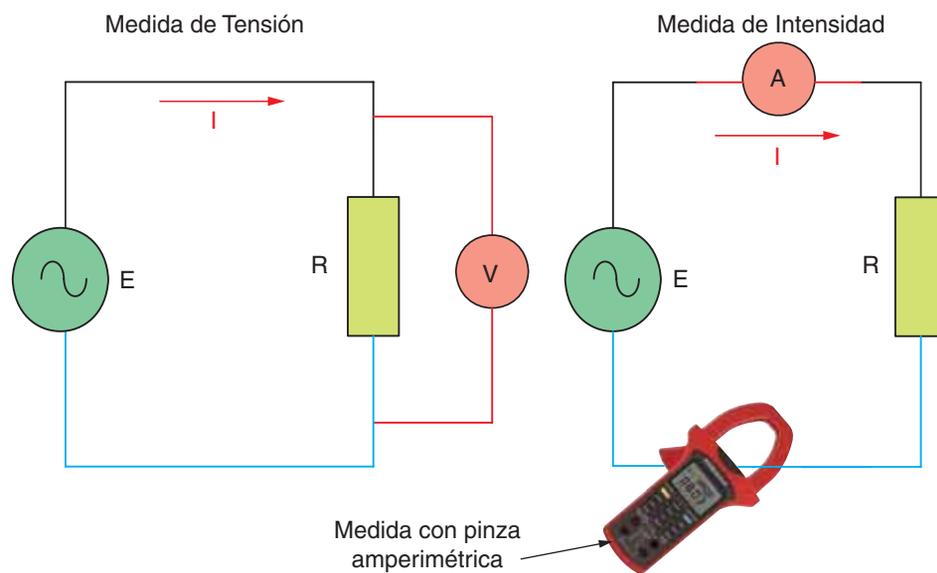
↑ Figura 1.39. Polímetro.



↑ Figura 1.40. Pinza amperimétrica.

Medidas

La figura 1.41 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.

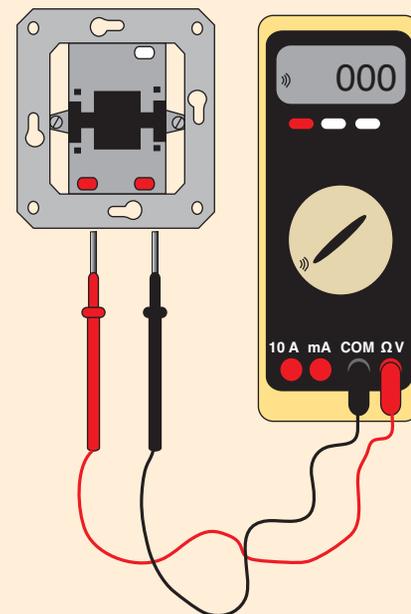


↑ **Figura 1.41.** Conexión de medida en paralelo para tensión, conexión de medida en serie para intensidad con el polímetro y medida de intensidad con pinza amperimétrica.

ACTIVIDADES

3. Con objeto de familiarizarte con los diferentes mecanismos tales como interruptores, conmutadores simples y conmutadores de cruce, utiliza un polímetro en modo de continuidad y realiza las siguientes prácticas iniciales.

- Conecta ambas puntas del polímetro en modo continuidad a un interruptor y comprueba pulsando el interruptor cuando están cerrados sus contactos y cuando están abiertos, el polímetro deberá emitir un pitido o bien indicar una resistencia de aprox. 0Ω . Esta prueba sirve también para verificar el estado de los mecanismos.
- Con un conmutador simple y un polímetro en modo continuidad, descubre cuál es el *común* y cuáles los *no comunes*. El común debe dar continuidad con uno de los dos contactos no comunes; sin embargo, los dos no comunes nunca entrarán en contacto entre sí.
- Realiza la misma prueba con un conmutador de cruce y descubre los contactos no comunes de una posición y los no comunes de la otra posición.



↑ **Figura 1.42.** Medida de continuidad en un conmutador.



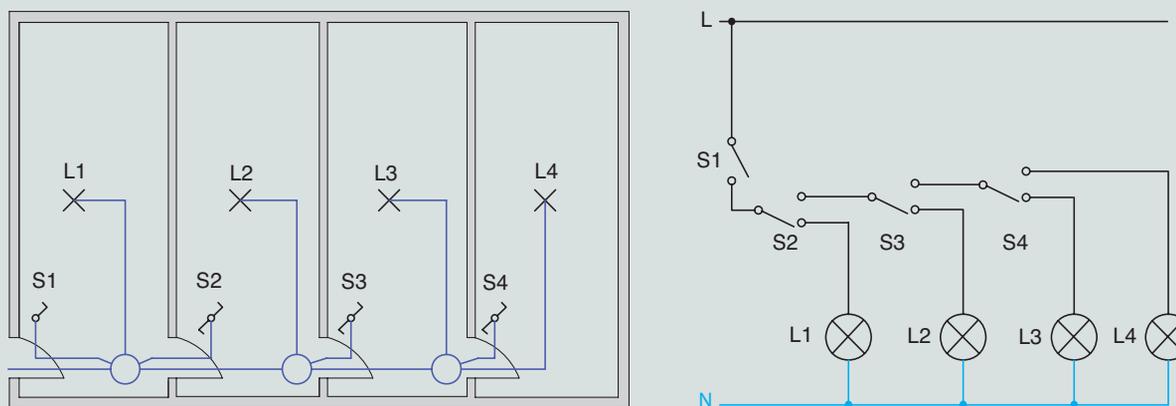
ACTIVIDADES FINALES

- 1. Imagina que tienes un conmutador en el cual no puedes distinguir por alguna razón el común con los no comunes ¿cuál sería la forma de poder identificarlo utilizando un polímetro?
- 2. Identifica en una toma de corriente la fase del neutro con ayuda de un buscapolos.
- 3. Realiza el esquema multifilar de un conmutador que accione dos lámparas de forma que en una posición se encenderá L1 y en la otra posición se encenderá L2.
- 4. Realiza la práctica profesional 1.
- 5. Realiza el esquema multifilar de dos puntos de luz en paralelo accionados desde 4 puntos con conmutadas.
- 6. Imagina una pequeña tienda de ropa que posee las siguientes estancias:
 - Zona de ventas.
 - Tres probadores.
 - Dos aseos.
 - Un almacén.

Inventa un plano fijándote en alguna tienda de este tipo y realiza un esquema topográfico del mismo indicando los puntos de luz, y dispositivos de accionamiento que creas conveniente, así como el esquema unifilar del alumbrado del local resultante.

- 7. Realiza el esquema de una instalación de una galería ciega de 4 zonas en la cual 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. El retroceso será al contrario, al salir del área 4 se apagará la lámpara L4 y se encenderá la lámpara L3 y así sucesivamente hasta salir de la galería utilizando un interruptor inicial y 3 conmutadores.

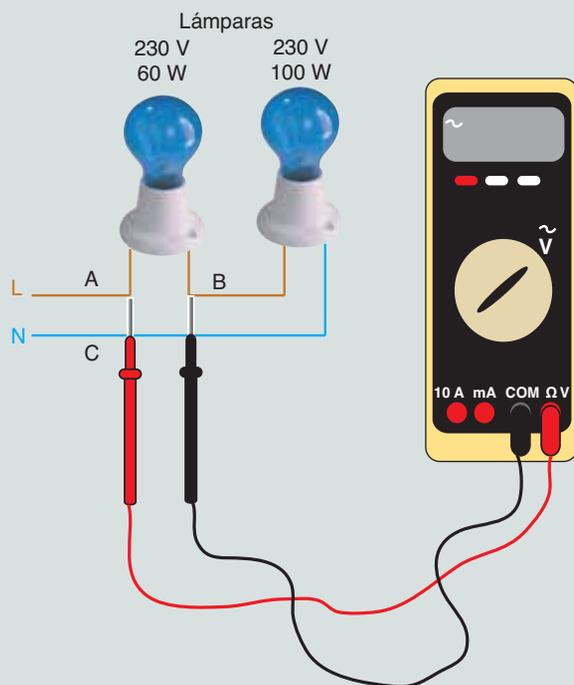
Sobre el panel de prueba realiza el montaje de la galería y prueba su funcionamiento.



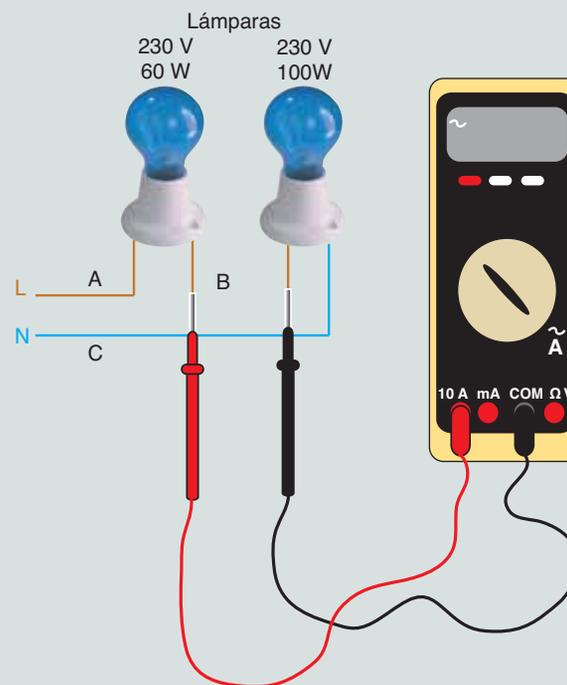
↑ **Figura 1.43.** Esquemas topográfico y multifilar de una galería ciega

- 8. Realiza la práctica profesional 2.

- 9. Con objeto de conocer las medidas y magnitudes eléctricas realiza las siguientes mediciones según el circuito de la figuras 1.44 y 1.45 donde se pide:



↑ Figura 1.44. Medida de tensión.



↑ Figura 1.45. Medida de intensidad.

Medidas de Tensión

- Conectar dos lámparas de 230 V/60 W y 230 V/100 W en serie a la alimentación de 230 V tal como muestra la figura 1.44.
- Realizar la medida de tensión entre los puntos A y B.
- Realizar la medida de tensión entre los puntos B y C.
- Cambiar la lámpara de 60 W por una de 100 W y volver a realizar las medidas anteriores, comparando los resultados con los obtenidos anteriormente. Como podrás comprobar, las anteriores medidas de tensión eran distintas al ser lámparas con resistencias diferentes.

Medida de Intensidad

Conecta las dos lámparas de 60 W y 100 W en serie a través del polímetro a la alimentación de 230 V tal como muestra la figura 1.45 y realiza la medida de intensidad.

entra en internet

- Consigue a través de internet catálogos de fabricantes y comprueba las características, modelos, etc., de sus mecanismos. Para ello puedes buscar fabricantes tales como: BJC, SIMON, GEWISS y FAMATEL.
- Consigue a través de internet catálogos de cajas de registro de diferentes fabricantes.



PRÁCTICA PROFESIONAL 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 de 40 W.
- 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 DIM.

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

OBJETIVO

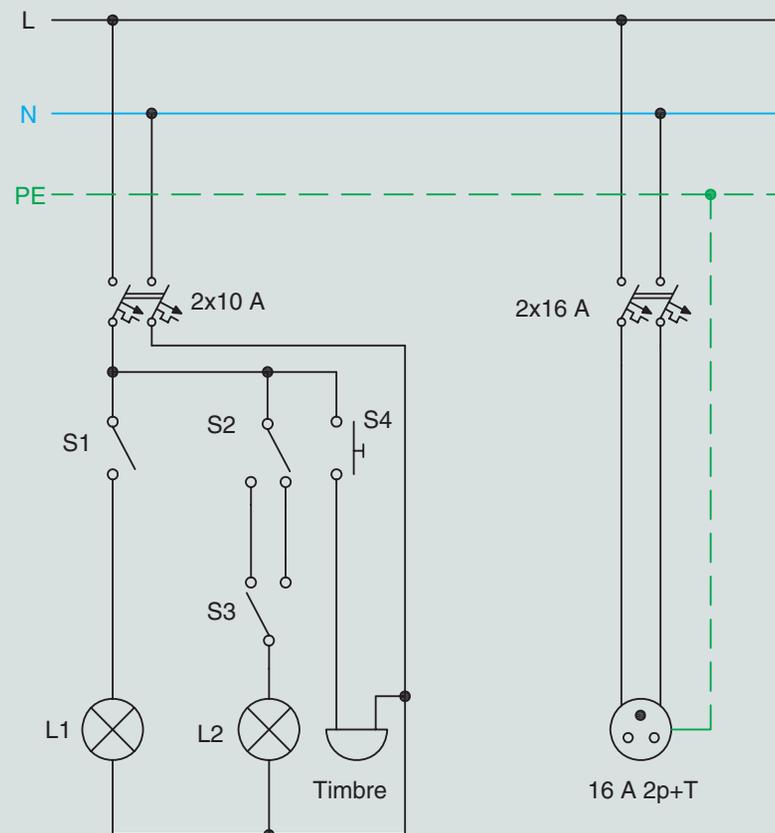
Familiarizarse con los circuitos más básicos que son utilizados en la práctica totalidad de las instalaciones eléctricas de interiores.

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:

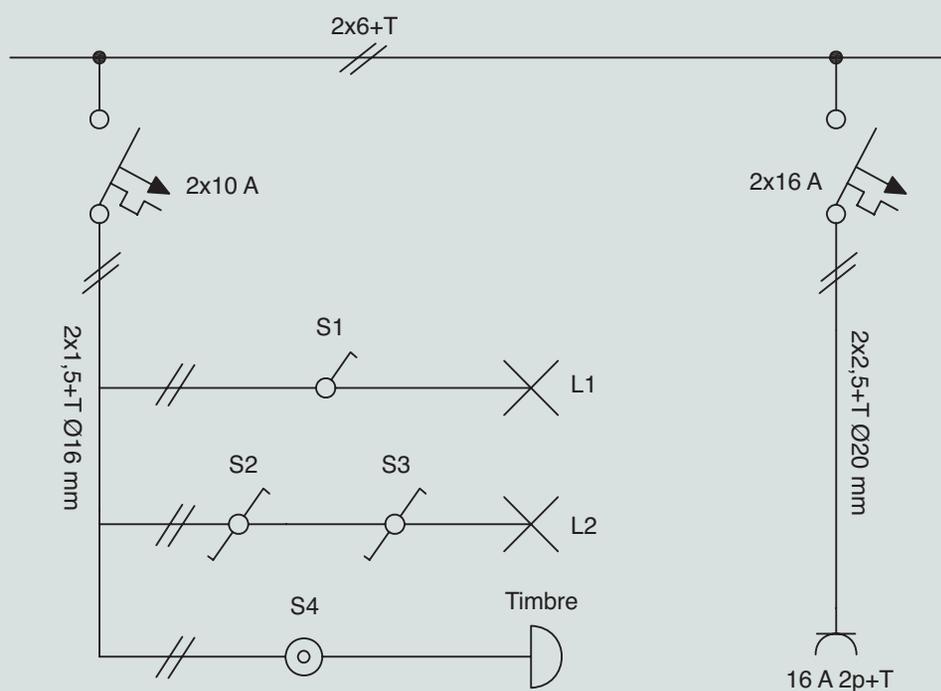
- Un punto de luz accionado por un interruptor.
- Un punto de luz accionado por un conmutador.
- Un timbre o zumbador accionado por un pulsador.
- Una toma de corriente.

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



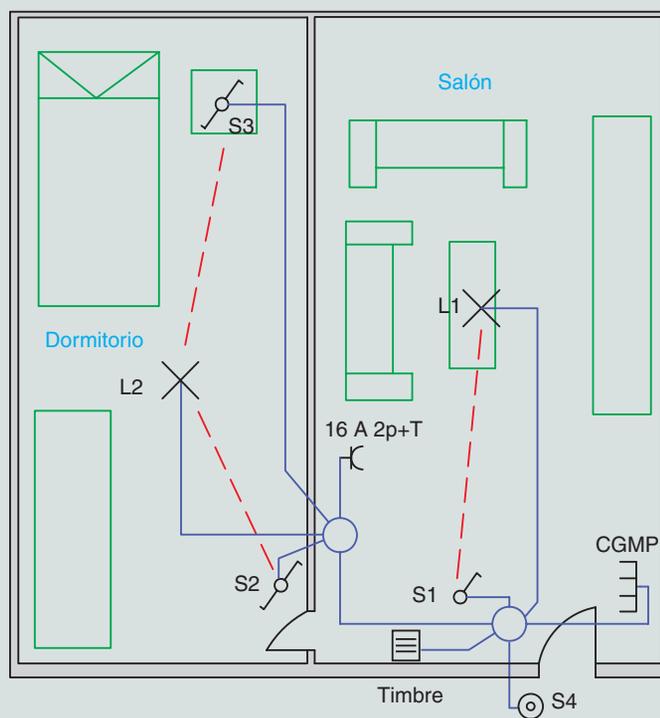
↑ Figura 1.46. Esquema multifilar.

2. Dibuja el esquema unifilar de la instalación.



↑ Figura 1.47. Esquema unifilar.

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

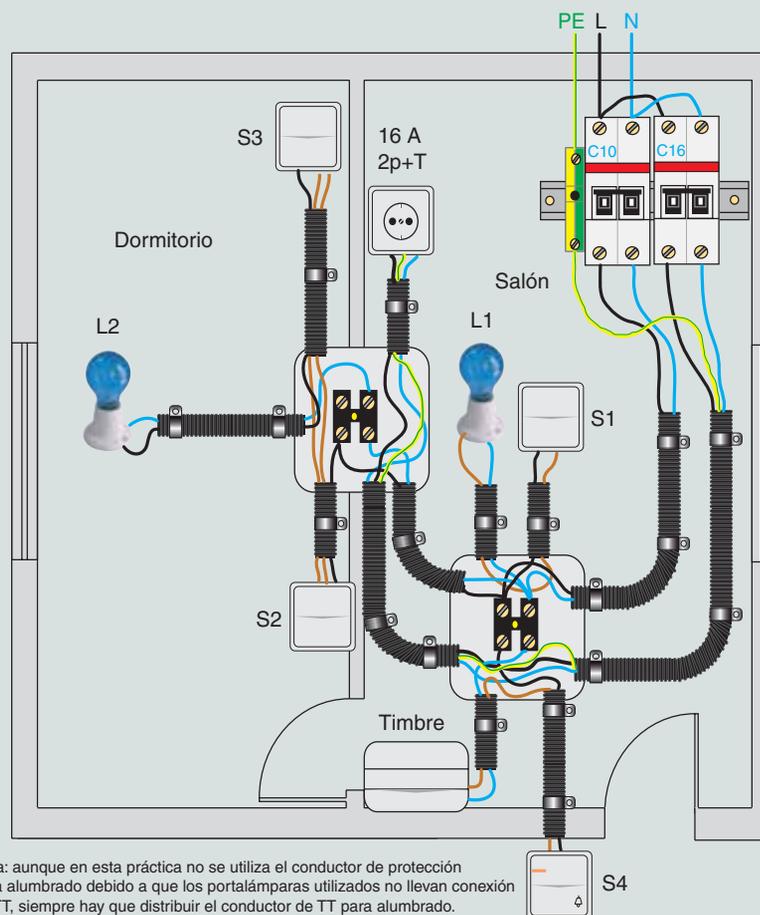


↑ Figura 1.48. Esquema topográfico.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

4. En el panel de trabajo ubica sobre carril DIM los dos dispositivos de mando y protección, y 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.

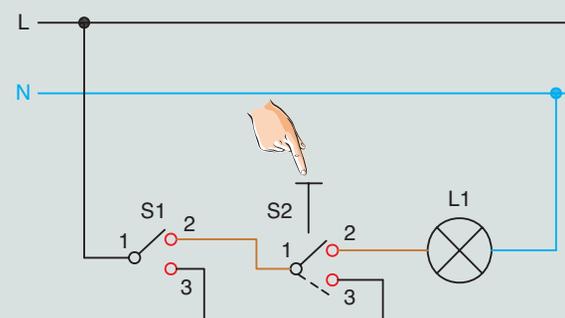


↑ Figura 1.49.

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

Tal como muestra la figura 1.50, la lámpara se encenderá, pero si pulsamos S2 hasta llegar a la posición 3, la lámpara se apagará y ya no podrá ser encendida por S1, con lo cual no actúa como conmutada.

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.



↑ Figura 1.50. Fallo de conexión de conmutadas.

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

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.

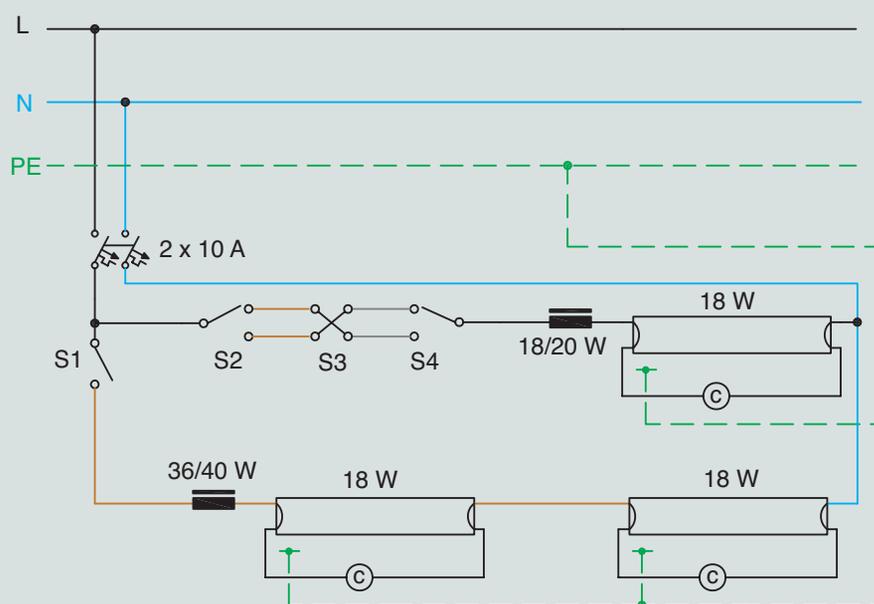
DESARROLLO

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 1.51. Esquema multifilar.

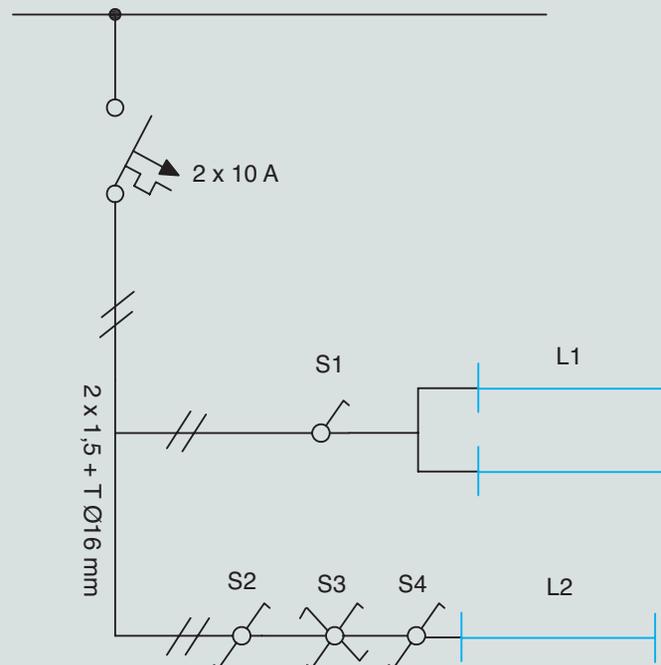
MATERIAL

- 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 2x10 A.
- Cuatro cajas de mecanismos, 2 cajas de registro de 100x100, carril DIM, tubo corrugado y abrazaderas.



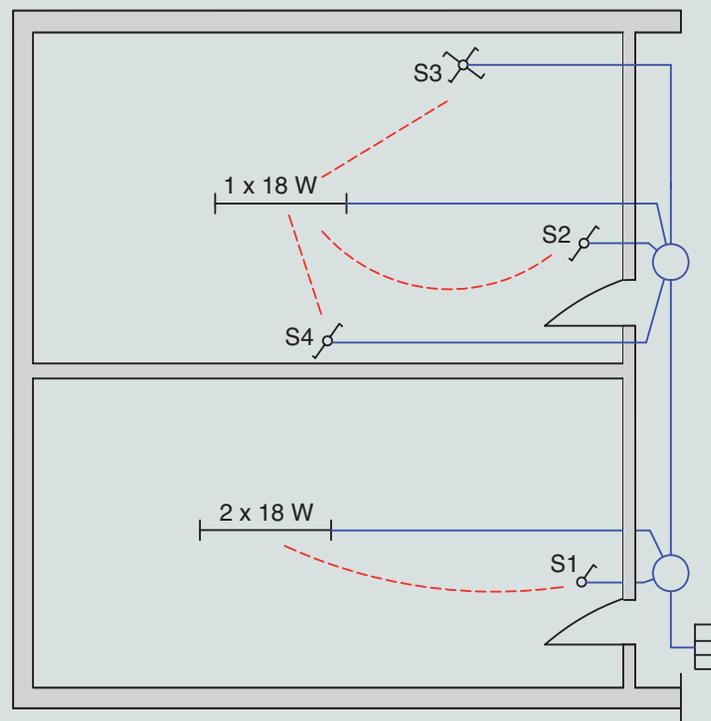
PRÁCTICA PROFESIONAL 2 (cont.)

2. Dibuja el esquema unifilar de la instalación.



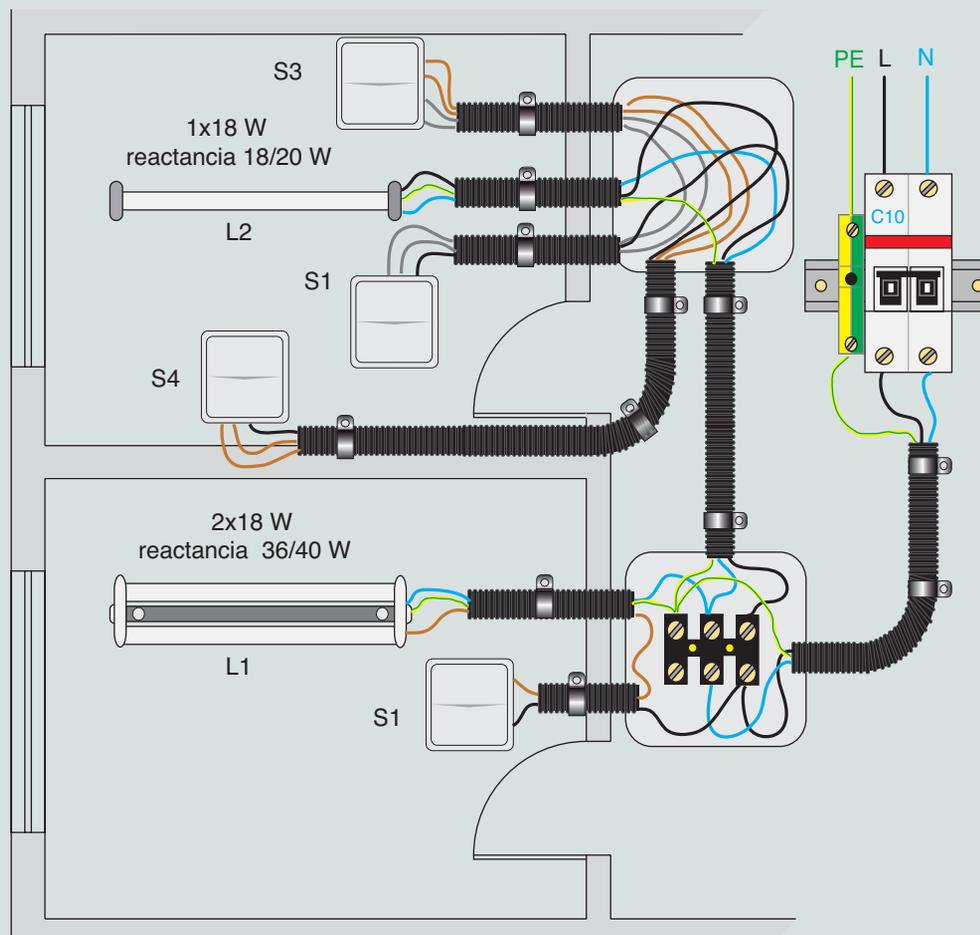
↑ Figura 1.52. Esquema unifilar.

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



↑ Figura 1.53. Esquema topográfico.

4. En el panel de trabajo ubica sobre carril DIM el dispositivo de mando y protección, y 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 1.54. 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 el azul o el 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 fluorescente 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.



MUNDO TÉCNICO

La guerra eléctrica

La carrera por distribuir en sus orígenes la energía eléctrica se convirtió en la batalla entre dos genios Tomas Alva Edison y George Westinghouse, estos hombres y sus inventos cambiarían el mundo para siempre. En la primavera de 1890 la comisión para las cataratas del Niágara ofreció un premio de unos 80.000 Euros actuales a quien pudiese transportar la energía producida por las turbinas de la central de las cataratas a largas distancias, los inventores más destacados de la época respondieron a dicho llamamiento entre ellos Tomas Alva Edison y el magnate de la industria George Westinghouse, de forma que quién pudiese distribuir la energía procedente de las cataratas por la ciudad de New York no solo ganaría dinero sino que se convertiría en el líder de la tecnología eléctrica. 12 años antes Edison ya había inventado la bombilla y había constituido un sistema de distribución de energía eléctrica de corriente continua que sustituyó a las lámparas de gas que durante décadas alumbraban las calles y hogares de las ciudades más prosperas. Pero Westinghouse detectó inteligentemente una debilidad en el sistema de CC de Edison, ésta no podía transportarse a largas distancias, la baja tensión aumentaba la resistencia de los cables y aumentaba las pérdidas de energía, con lo que Westinghouse apostó por la corriente alterna y comenzó a experimentar con ella debido a que la CA puede transformarse, subir o bajar la tensión mediante transformadores. De esta forma en vez de construir un generador en cada núcleo urbano, con una sola estación de CA se podía abastecer un área mayor. Edison se opuso a dicho sistema y siguió apostando por su sistema de corriente continua.

En junio de 1894 un joven serbio llegó a los EEUU con una carta de recomendación para Edison, su nombre era Nikola Tesla, Edison lo contrató y le ofreció una recompensa si mejoraba sus dinamos de CC, cosa que en un año consiguió, pero dicha recompensa no le fue dada y Nikola Tesla dimitió de la compañía de Edison (la General Electric).

Pero éste pudo vengarse al contribuir un gran papel en el proyecto de las cataratas del Niágara. Más tarde Nikola Tesla dio una conferencia en la que presentaba un motor de corriente alterna mucho más sencillo y requería poco mantenimiento, Westinghouse que asistió a dicha conferencia quedó impresionado ya que ese motor era lo que la electricidad requería, además de proveer a los hogares de electricidad pretendía hacer funcionar plantas industriales y fábricas e hizo a Tesla una propuesta interesante, 60.000 Euros de hoy en día por la patente más un plus por cada motor de CA que saliera de sus fábricas. Tesla se puso rápidamente manos a la obra en la fabricación y mejora de dicho motor. El sistema de CA ahora con un motor así era mucho mejor que el sistema de de Edison de CC. ¿Cómo ese gran inventor no pudo darse cuenta?

Westinghouse le propuso a Edison una propuesta de fusión de las dos compañías, para trabajar juntos en desarrollar el sistema perfecto en vez de desperdiciar tiempo y dinero en una guerra sin sen-

tido, pero éste no obtuvo respuesta. Los ingenieros de Edison le presionaban para cambiarse a la CA, pero él se negaba, había invertido demasiado dinero, esfuerzo y orgullo en su sistema de CC, incluso lanzó una campaña en contra del sistema de su competidor con el objeto de la gente temiese a la CA, y mientras tanto Edison viajaba de una exposición universal a otra disfrutando de recibimientos triunfales, pero de vuelta a los EEUU en 1893 le esperaba un reto aún mayor, llenar de luces la exposición universal del cuarto centenario del descubrimiento del nuevo mundo. Y elaboró una máquina que fabricaba bombillas automáticamente, esto era necesario porque necesitaba miles de ellas y presentó su proyecto seguro de sería el elegido. Sin embargo Westinghouse propuso un proyecto mucho más barato que el de Edison y consiguió el contrato y en cinco meses consiguieron fabricar 250.000 bombillas. Y durante el evento más de 30 millones de personas visitaron dicha exposición universal creada por Westinghouse y Tesla lo que contribuyó a un enorme triunfo para el sistema de corriente alterna.

Por otro lado la comisión de las cataratas del Niágara para proporcionar energía mediante el gran salto de agua estaba convencida de que solo la corriente alterna era la apropiada, de forma que Nikola Tesla desarrolló las turbinas y generadores más poderosos hasta el momento, que puso en funcionamiento en 1896 convirtiéndose en el logro tecnológico eléctrico más importante del mundo hasta aquella fecha siendo un hito en la historia. En las cataratas el agua caía hasta una profundidad de de 50 m y en el fondo 10 turbinas con una potencia de 50.000 CV accionaban enormes alternadores de corriente alterna, de forma que la tensión eléctrica proporcionada por la central se aumentaba por medio de transformadores hasta 10 veces, y 22 kV eran enviados a la ciudad de Búfalo a 36 km, allí era de nuevo bajada a baja tensión para proveer de electricidad a hogares e industrias. La Guerra Eléctrica había terminado.

Por otro lado Tomas Alva Edison ha pasado a la historia como el inventor más famoso del mundo con más de 1000 patentes y grande inventos, pero al final admitió ante su hijo que el mayor error de su vida fue no cambiarse a la corriente alterna. En 1941 murió y siempre será recordado a pesar de perder la Guerra Eléctrica frente a Westinghouse y Tesla como el padre de la energía eléctrica.

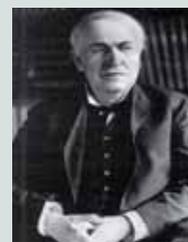
The Electricity War (Discovery channel)



G. Westinghouse

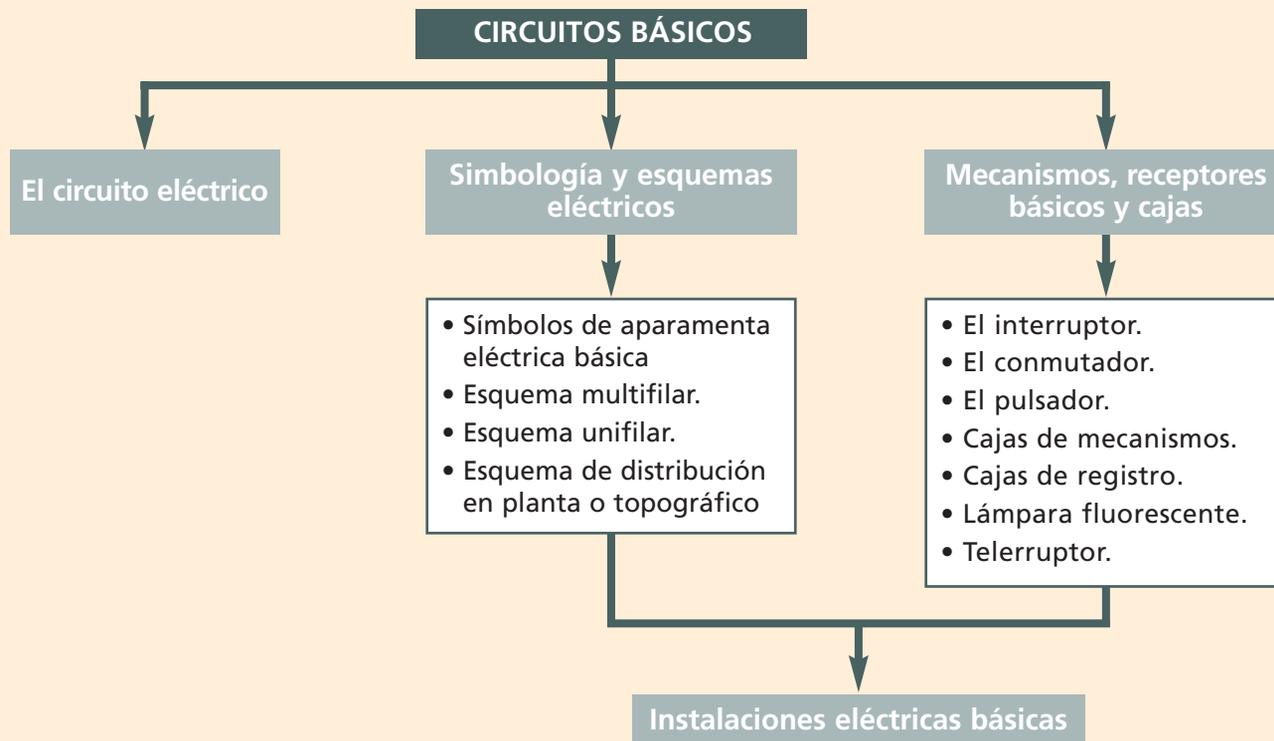


Nikola Tesla



Tomas Alva Edison

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Un esquema unifilar representa todas las conexiones de forma detallada:
 - Verdadero.
 - Falso.
- Se puede utilizar un conmutador de cruce como un conmutador simple.
 - Verdadero.
 - Falso.
- Los colores utilizados para alimentación en líneas monofásicas deben ser:
 - Marrón-Amarillo/verde.
 - Gris-Azul claro.
 - Negro-Azul claro.
- ¿Los empalmes con arrollamiento de cinta aislante están permitidos?:
 - Si.
 - No.
 - Depende del grado de aislamiento de la cinta aislante.
- En un telerruptor ¿qué ocurre si se acciona un pulsador y sin soltarlo se pulsa otro distinto?:
 - Conmuta.
 - No conmuta.
- En un telerruptor si un pulsador por avería se queda siempre cerrado, ¿qué ocurriría?:
 - Si está apagada la luz se encenderá.
 - Si está apagada la luz se quedará apagada.
 - Si está encendida la luz se apagará.
- En un fluorescente después de estar encendido si se quita el cebador:
 - Se apaga.
 - Se queda encendido.
- En una caja de mecanismos con dos interruptores el número mínimo de conductores que podrán llegar a ella será de:
 - 2
 - 3
 - 4

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 1

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

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

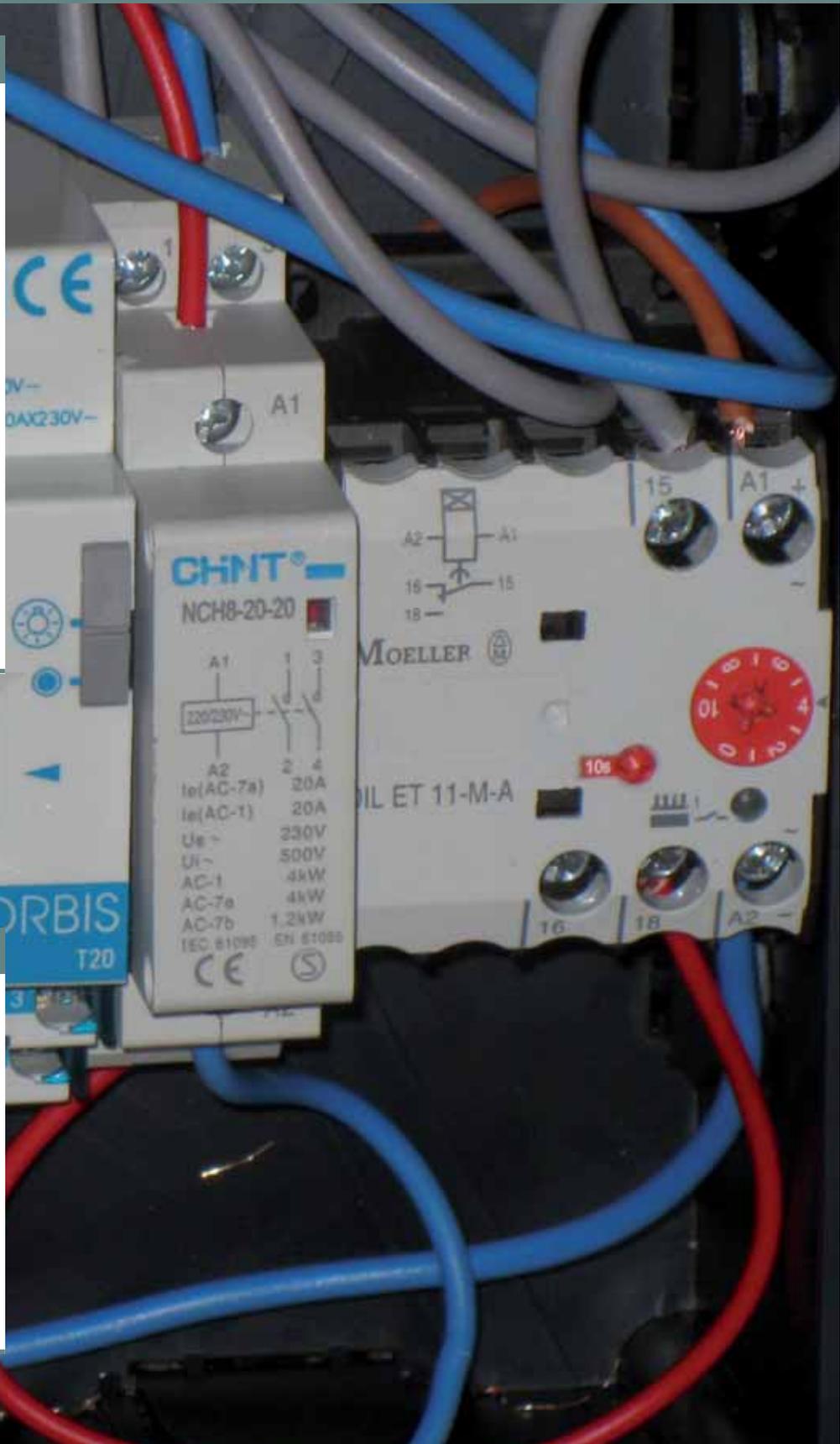
Instalación eléctrica de alumbrado temporizado y por detector de presencia

MUNDO TÉCNICO

Características y programación de un interruptor horario digital

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.



CASO PRÁCTICO INICIAL

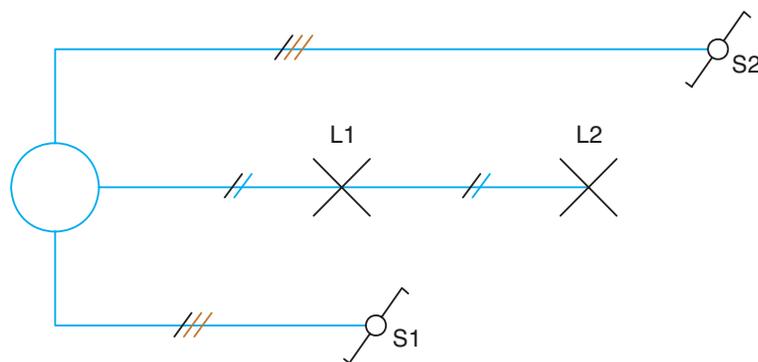
situación de partida

Un instalador electricista es avisado por una comunidad de vecinos para modificar la instalación de alumbrado en algunas partes del edificio. El sistema a modificar consta de dos luces en la escalera de bajada al sótano, donde se encuentra el cuarto de aguas y la entrada al garaje. Las luces de estos dos lugares son accionadas por sendos conmutadores. Existe una disputa entre los vecinos debido a que muchos no apagan dicha luz y permanece largas horas encendida.

Estudiado el caso por el instalador éste tiene que decidir:

- ¿Cómo debe seguir funcionando el sistema de conmutación?
- ¿Qué mecanismos debe utilizar?

A todo esto y con el objeto de que la modificación sea lo más simple posible, el tiempo de ejecución el menor posible y ofrecer por tanto a la comunidad un buen presupuesto, el instalador decide como es lógico aprovechar al máximo el cableado ya existente siempre que éste sea el adecuado.



↑ **Figura 2.1.** Esquema topográfico de ubicación de mecanismos del caso propuesto inicial.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Probablemente habrás visto, sobre todo en locales tales como bares, restaurante, etc., dispositivos ubicados en los aseos que apagan las luces durante un tiempo preestablecido. ¿Cuál es el motivo principal por el cual los propietarios deciden la instalación de este sistema?
2. Seguramente conoces que hay mecanismos que encienden y apagan luces durante un tiempo preestablecido de forma automática. ¿A estos mecanismos cómo se les denomina?
3. Para la modificación del circuito propuesto, ¿cuáles serían los dos dispositivos ideales que pueden sustituir a las conmutadas?
4. Existen casos, que pueden ser como el caso propuesto en los que por cualquier evento, tales como obras de construcción, obras de pintura, etc., en las que un dispositivo temporizado puede ser un inconveniente, para ello estos dispositivos disponen de una opción, ¿cómo se denomina?

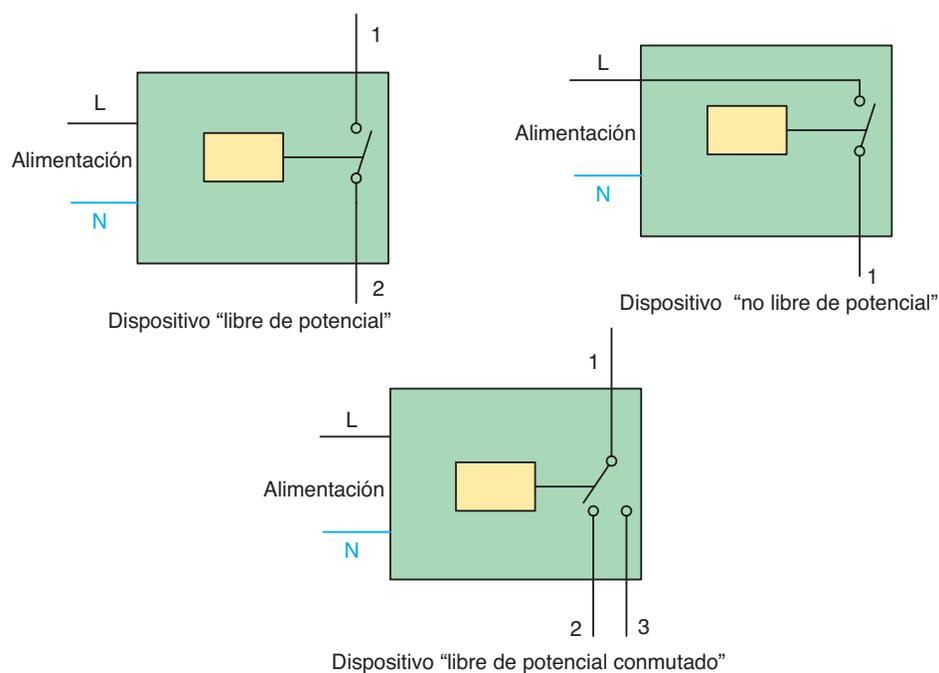


1. Dispositivos libres de potencial y no libres de potencial

Antes de abordar estos mecanismos más complejos hay que especificar que dependiendo del fabricante existen modelos que ofrecen 2 bornes de salida (interruptor) o 3 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:** son aquellos que ofrecen en su salida dos bornes en modo interruptor simple o 3 salidas en modo conmutado, que se debe alimentar exteriormente.
- **Dispositivos no libres de potencial:** también llamados de **contacto de potencial**, y son aquellos que únicamente ofrecen un borne de salida, la alimentación al receptor se realiza internamente desde la alimentación del dispositivo.

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



↑ **Figura 2.2.** 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 de desactivación preestablecido.

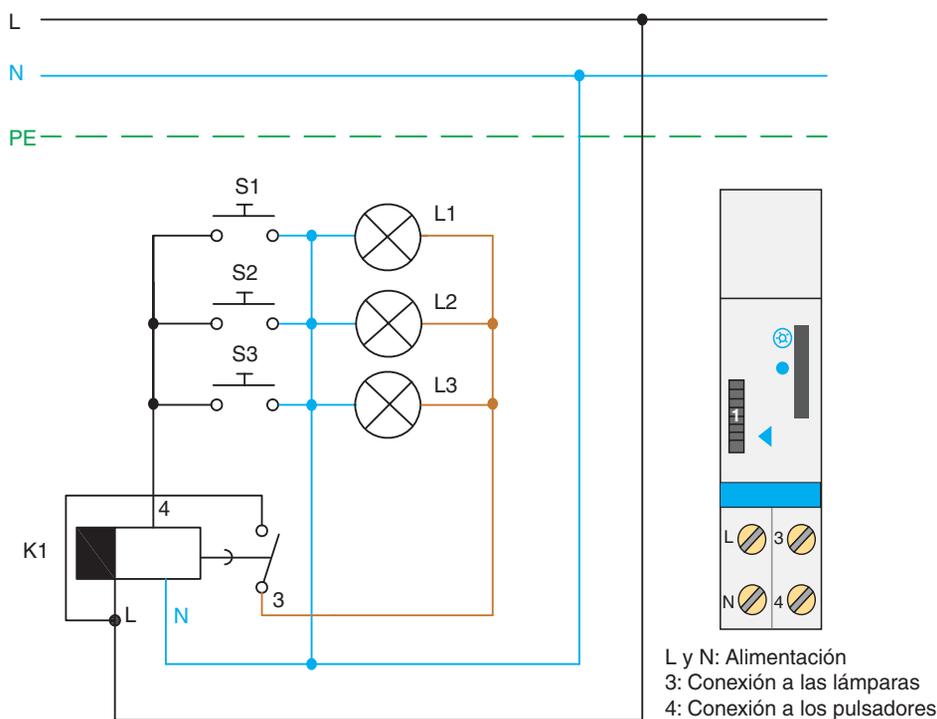
2.1. El Automático de escalera

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 DIM, para alojarse en una caja de mecanismos (**interruptor temporizado**) y en formato pastilla para alojarse en la caja de mecanismo de uno de los pulsadores de la instalación.

Entre sus características técnicas principales están:

- El tiempo de temporización.
- Tensión de alimentación.
- Carga máxima del contacto de salida (en A, W o VA).



↑ Figura 2.6. Automático de escalera a 3 hilos.

caso práctico inicial

Este es el mecanismo más adecuado que permitirá controlar el sistema conmutado de temporización de las luces conjuntamente con un pulsador.



↑ Figura 2.3. Interruptor temporizado (automático de escalera en caja de mecanismos) (ORBIS).



↑ Figura 2.4. Automático de escalera para carril DIM (ORBIS).



↑ Figura 2.5. Temporizador regulable de pastilla a 2 hilos que puede ser utilizado como Automático de escalera (VARILAMP).



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 éstas están sometidas a la sobreintensidad de autoinducción.

saber más

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.

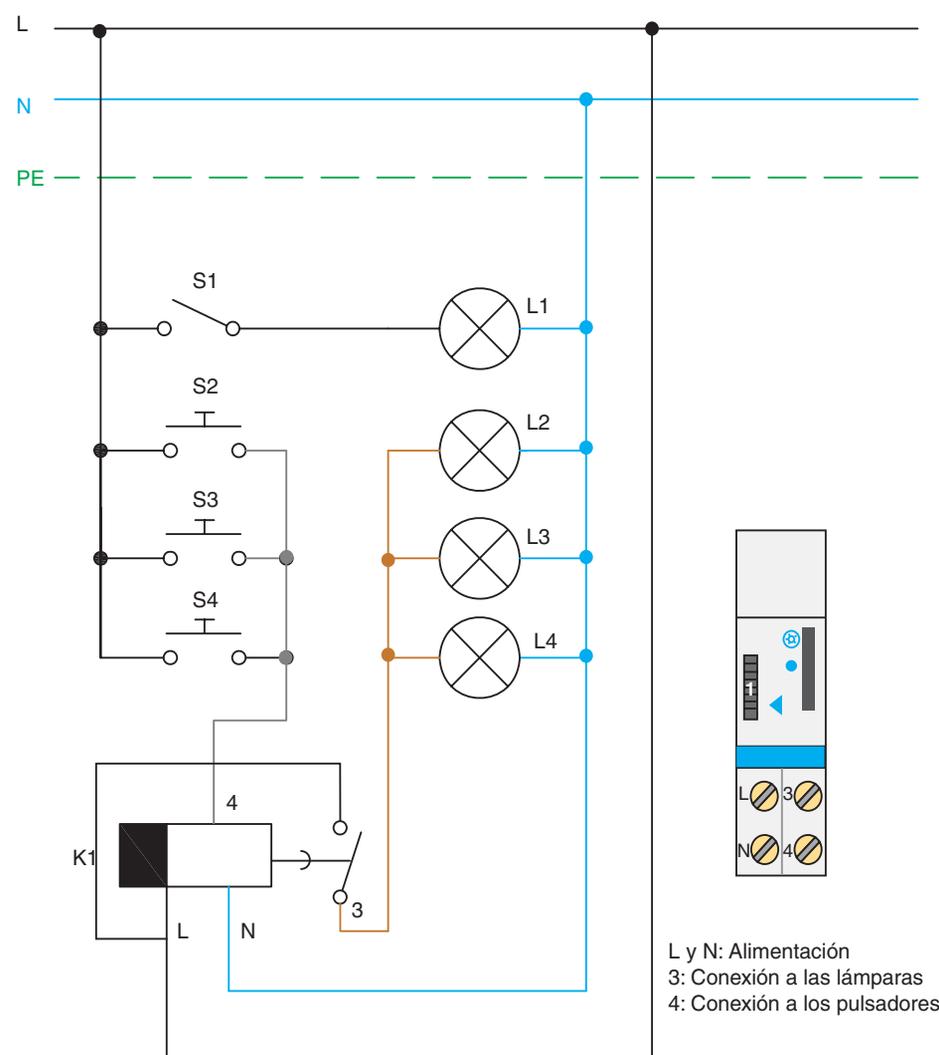


↑ **Figura 2.8.** Pulsador luminoso (BJC).

El automático de escalera para carril DIM puede funcionar de dos formas: a 3 hilos y 4 hilos, siendo los esquemas los de las figuras 2.6 y 2.7.

La diferencia entre ambos es que a 3 hilos todo el alumbrado de la escalera del edificio está temporizado, sin embargo si utilizamos el sistema de 4 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 3 hilos (ver figura 2.11).



↑ **Figura 2.7.** Automático de escalera a 4 hilos.

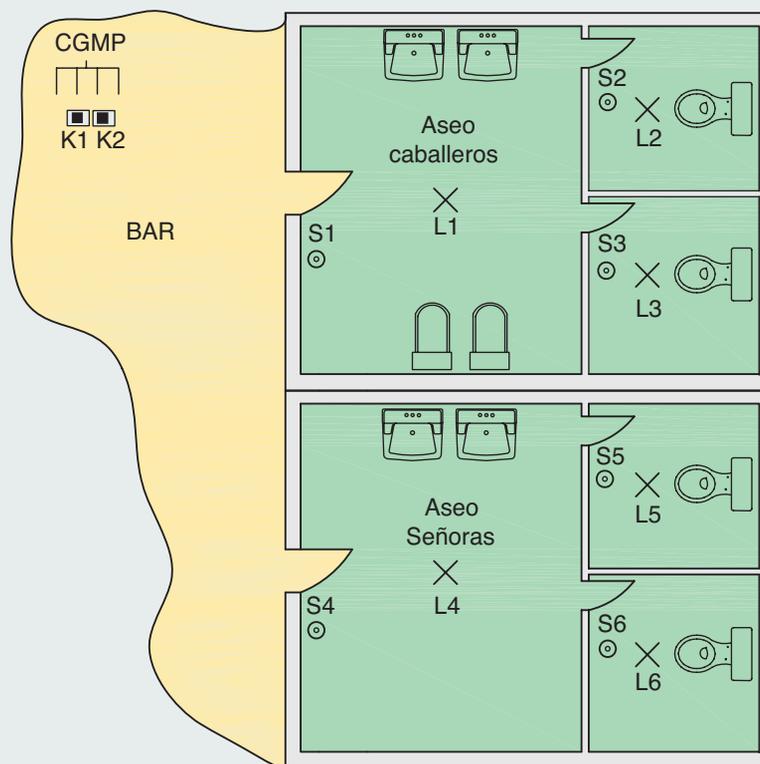
En muchos sensores figuran 2 valores de carga máxima, el de menor valor es el que debemos tomar cuando los receptores que se van a alimentar son cargas inductivas (lámparas de descarga, motores, etc.) y el de mayor valor, cuando los receptores son resistivos (lámparas de incandescencia, resistencias de caldeo, etc.).

**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 escaleras para carril DIM ubicados en el CGMP del bar.

Solución:

Como puedes comprobar se ubican en el CGMP del bar dos automáticos de escalera (K1 y K2) uno para cada servicio, temporizados a un tiempo preestablecido 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 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 apagará, 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.

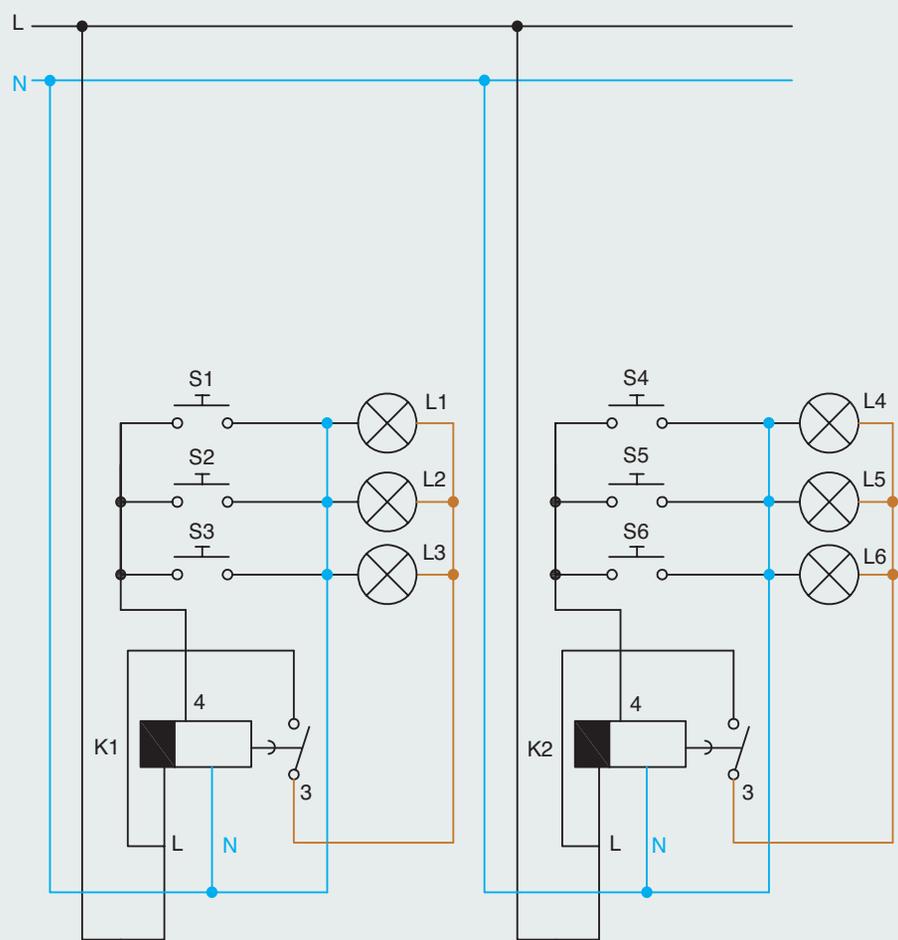


↑ **Figura 2.9.** Esquema de distribución en planta de los dispositivos.

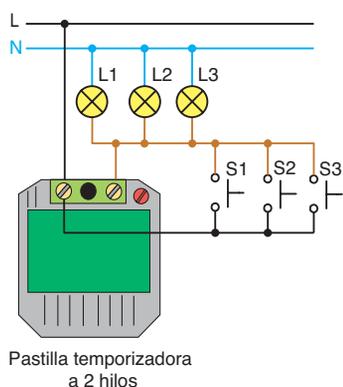
Una de las ventajas de los automáticos de escalera que poseen un interruptor para encendido en **modo permanente** es que en caso de obras de fontanería, albañilería, de pintura, etc. en los aseos, al accionar el modo permanente en el **automático de escalera** quedará desactivada la temporización, de forma que una vez terminado dicho evento se volverá a accionar el modo automático para su normal funcionamiento (temporizado). Esta es una gran ventaja frente a otros dispositivos temporizados los cuales no disponen de este sistema, ya que en estos casos obliga a puentear uno de los pulsadores para que éste esté continuamente activando el dispositivo temporizado.



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



↑ **Figura 2.10.** Esquema multifilar de la instalación temporizada en los aseos del bar.



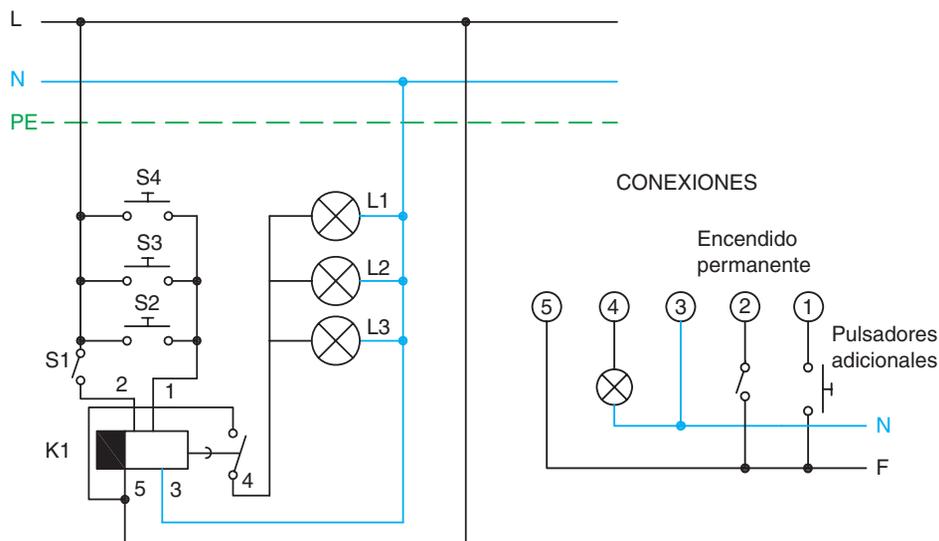
↑ **Figura 2.11.** Temporización mediante pastilla de 2 hilos.

Otra forma de realizar la regulación temporizada del ejemplo anterior podría simplificarse mediante la utilización de temporizadores de pastilla a dos hilos según muestra la figura 2.11, en este caso la pastilla podría ser alojada en uno de los propios pulsadores de la instalación. El modo permanente tan útil para labores de mantenimiento, limpieza, etc., se consigue realizando sobre cualquier pulsador de la instalación un número determinado de pulsaciones en un tiempo corto, que hacen que la pastilla mantenga las lámparas encendidas durante un largo periodo de tiempo.

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, 2000 W(1500 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 2.12. 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 incandescente estándar 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.

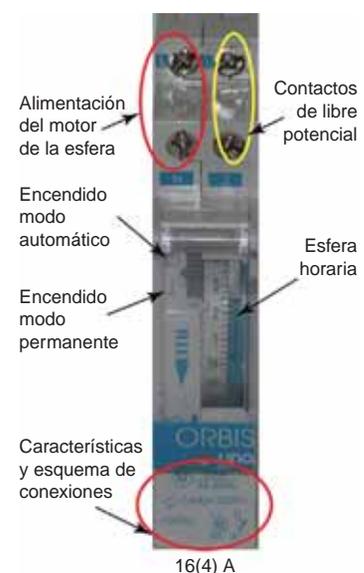
2.2. El interruptor horario

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 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. Éstos 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.

caso práctico inicial

El esquema de la figura 2.12 servirá como base para la resolución de la propuesta inicial.



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

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

↑ Figura 2.13. Interruptor horario de esfera (ORBIS).



Digitales: permiten una temporización mínima por lo general de 1 minuto, excepto en dispositivos para aplicaciones específicas cuyo tiempo puede ser de algunos segundos. 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.

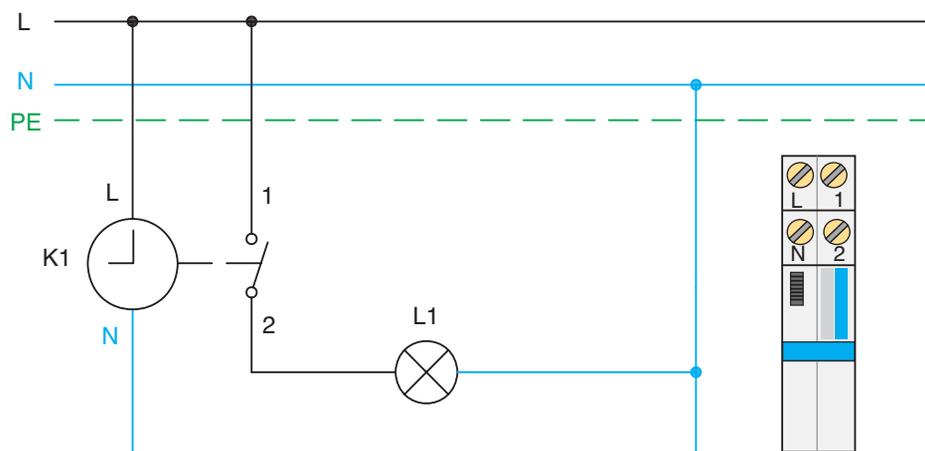
Además pueden permitir ajustar la hora de forma semanal o anual, es decir, se pueden ajustar tiempos de activación diferentes a cada día de la semana o en diferentes meses del año, y en modelos específicos programación de vacaciones, sencillo cambio de hora de invierno a verano, etc.

→ **Figura 2.14.** 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 2.15.** Esquema de conexión de un interruptor horario libre de potencial (ORBIS).



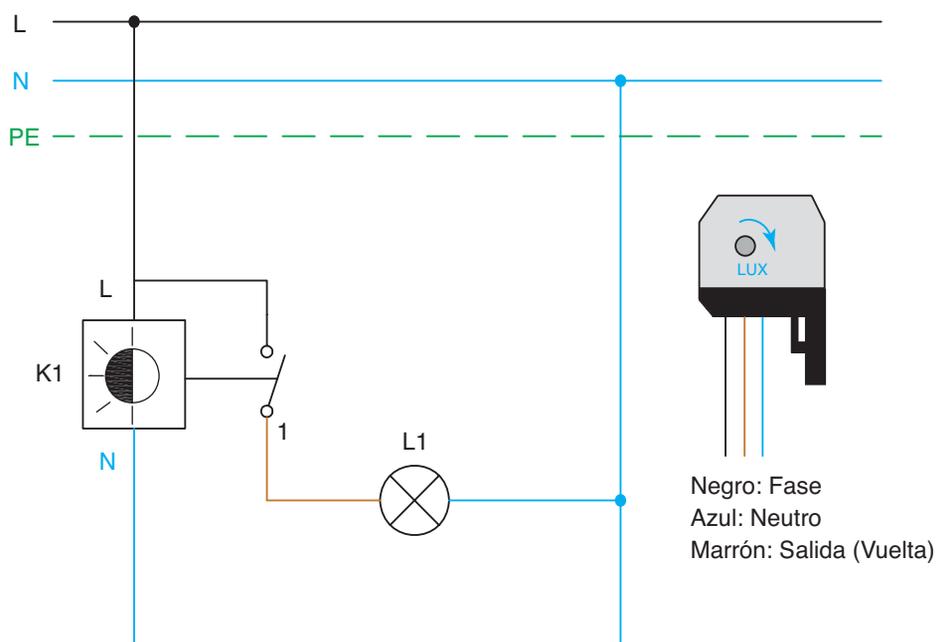
3. Sensores

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 y pueden combinarse con otros dispositivos tales como interruptores horarios para un eficiente control de iluminación.



↑ Figura 2.17. Esquema de conexión de Interruptor crepuscular no libre de potencial (ORBIS).

3.2. El detector de presencia

Estos elementos se utilizan 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 etc., en función de los requisitos de la instalación.



↑ Figura 2.16. Interruptor crepuscular.



↑ Figura 2.18. Detector de presencia (ORBIS).

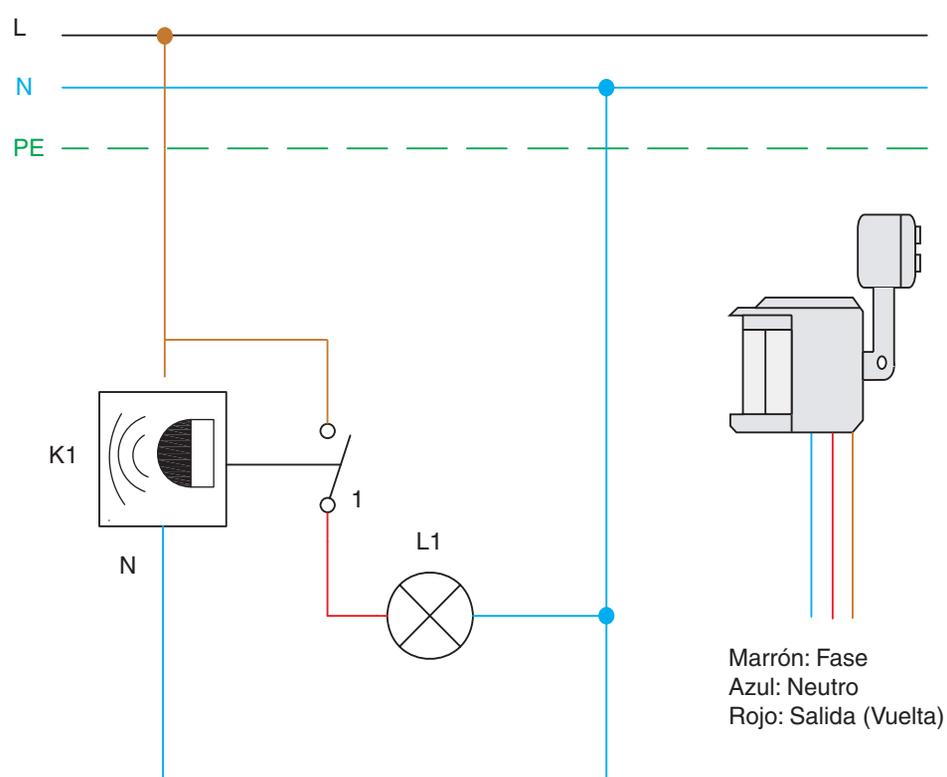


saber más

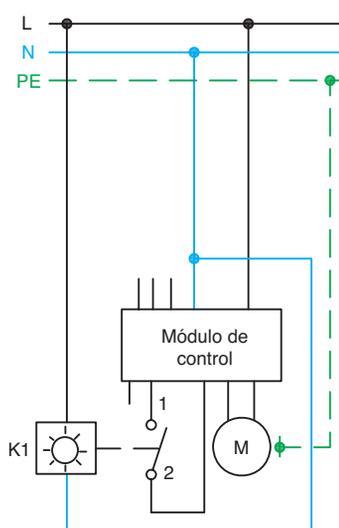
Existen los sensores solares cuyo principio de funcionamiento es el mismo que los crepusculares pero a diferencia de los crepusculares éstos tienen aplicaciones distintas, es decir se utilizan mayormente para control automático de persianas y toldos motorizados.

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 2.19.** Esquema de conexión de un detector de presencia de no libre de potencial.

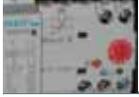


↑ **Figura 2.20.** Sistema de control de motor de persiana y toldos mediante sensor solar.

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.
- Angulo de detección en grados.
- Tipo de montaje en pared o techo.



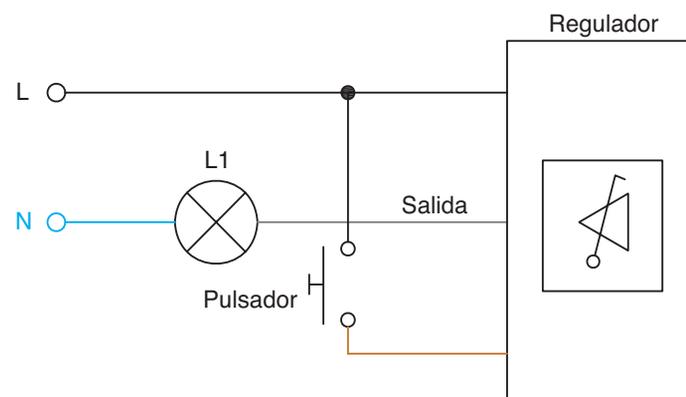
4. Reguladores de luminosidad

Este dispositivo está diseñado de forma electrónica para conseguir una regulación de la intensidad luminosa de las lámparas conectadas a él. 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, 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 funciona con interruptores y con conmutadores, éstos 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 2.23.** Esquema de conexiones de un regulador de pastilla.

De potenciómetro: éstos 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.
- **Reguladores 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 2.25. muestra las posibles combinaciones de utilización de reguladores de potenciómetro.



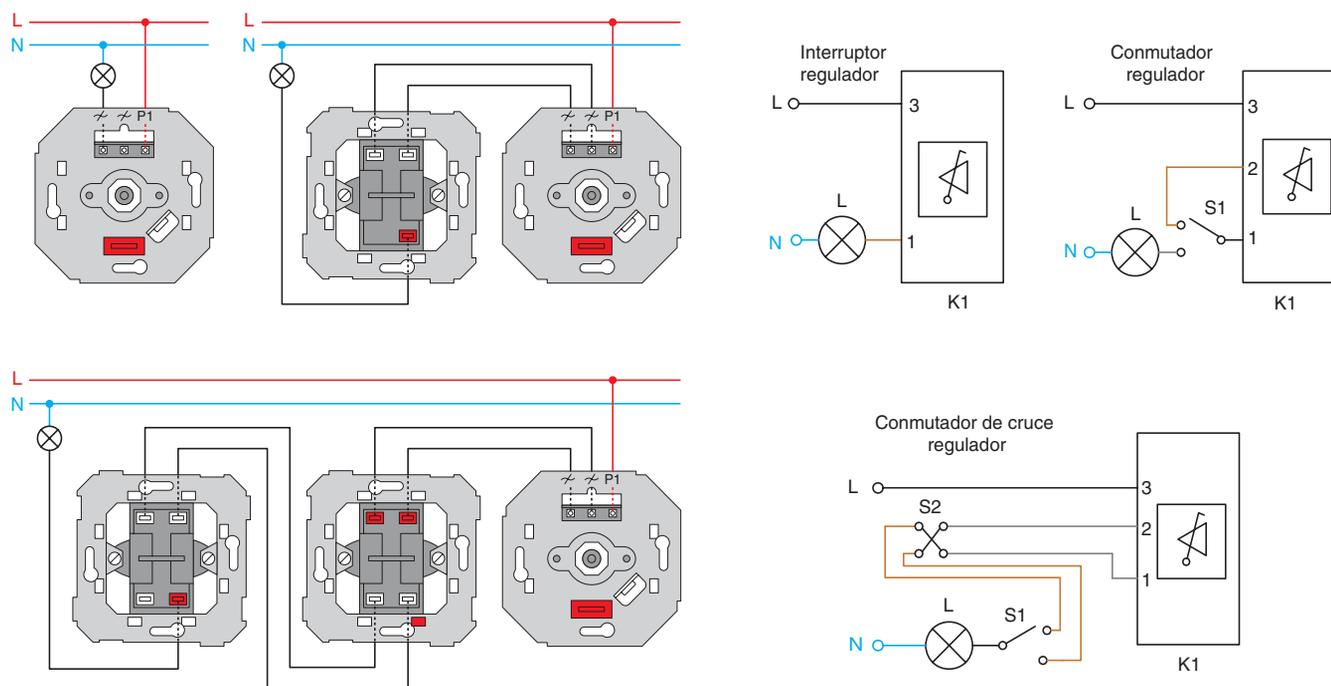
↑ **Figura 2.21.** Regulador de luminosidad de pastilla a 3 hilos.



↑ **Figura 2.22.** Regulador de luminosidad de pastilla a 2 hilos (VARILAMP).



↑ **Figura 2.24.** Regulador de potenciómetro.



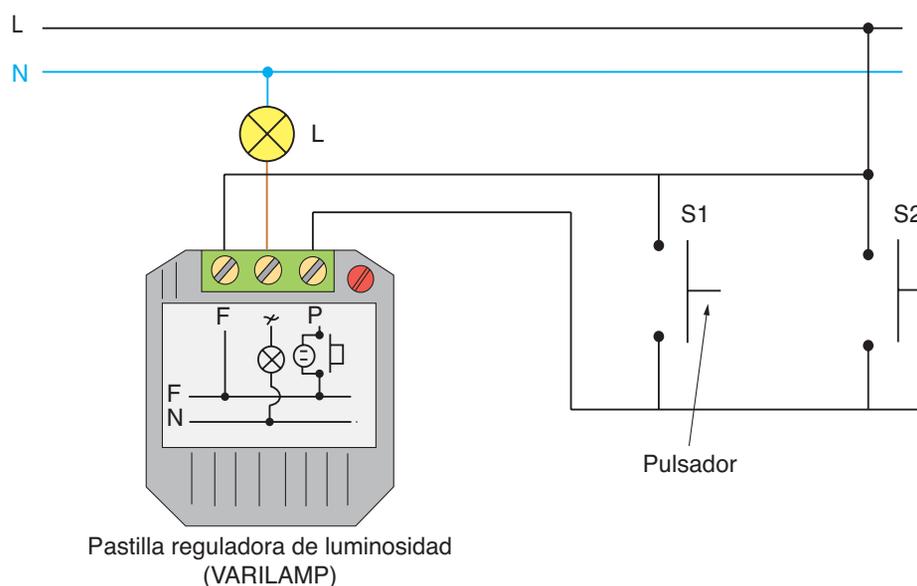
↑ **Figura 2.25.** Esquemas de reguladores de potenciómetro como interruptor, como conmutada simple y como conmutada de cruce.

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**.

La figura 2.26 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 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.



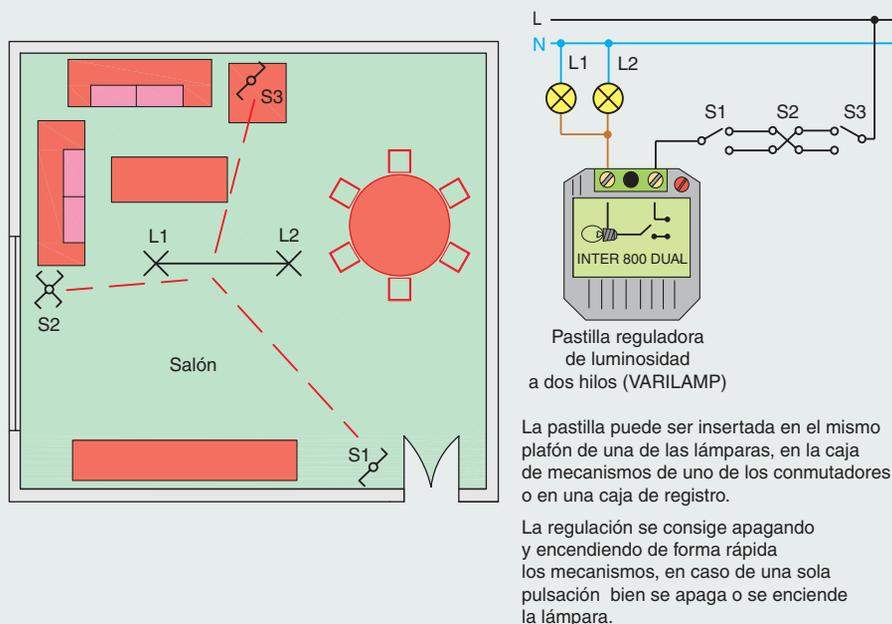
↑ **Figura 2.26.** Esquema de conexión de un regulador de pastilla VARILAMP para controlar la luminosidad de una lámpara desde 2 puntos mediante pulsadores.

**EJEMPLO**

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

Solución:

Una de las soluciones más fáciles es utilizar una pastilla reguladora de 2 hilos (figura 2.22) aprovechando todos los mecanismos instalados, en este caso únicamente intercalamos la pastilla en el cable de salida (o vuelta) de lámparas del sistema conmutado. Si utilizamos una pastilla VARILAMP una pulsación corta permite el encendido o apagado suave de la lámpara. Manteniendo pulsado varía de máximo a mínimo y viceversa (si se detiene un instante la pulsación). Posee memoria de última maniobra que muestra la luminosidad que existía la última vez que apagó. Su memoria permanecerá grabada aunque se produzca un corte en el suministro eléctrico. También posee encendido de mínimo que permite, si mantenemos pulsado con la luz apagada, anular la memoria existente e iniciar la rampa de ascenso desde el mínimo. Esta función es muy útil en la oscuridad, ya que evita molestar y/o ser molestado.



↑ **Figura 2.27.** Regulador de luminosidad con conmutadas y pastilla de 2 contactos.

ACTIVIDADES

8. Diseña el circuito conmutado desde 4 puntos con regulación de luminosidad utilizando un regulador de potenciómetro.
9. Diseña el circuito conmutado desde 4 puntos con regulación de luminosidad utilizando un regulador de pastilla a 3 hilos.
10. Consulta precios del material empleado en las 2 actividades anteriores y valora ventajas e inconvenientes de ambas instalaciones.



5. Relés, contactores y temporizadores

En ciertas aplicaciones eléctricas es necesario la utilización de elementos de mando y control si se requiere 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 dependiendo de los requisitos de la instalación.

La diferencia entre **relés** y **contactores** únicamente está en las dimensiones, en la intensidad que soportan y contactos disponibles, siendo su principio de funcionamiento el mismo para ambos. Los contactores principalmente se diferencian de los relés porque soportan mayor carga.

Supongamos que un interruptor horario de 10 A debe activar una carga de 18 A, en tal caso el recurso es utilizar un contactor de 20 A, de forma que los contactos del interruptor horario activarán a la bobina del contactor únicamente. Otro ejemplo lo podemos encontrar en un interruptor crepuscular que debe activar una carga y desactivar otra cuando entra en funcionamiento, para ello se puede utilizar un relé de apoyo a la instalación.

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 2.28.** Contactores monofásicos y trifásicos.

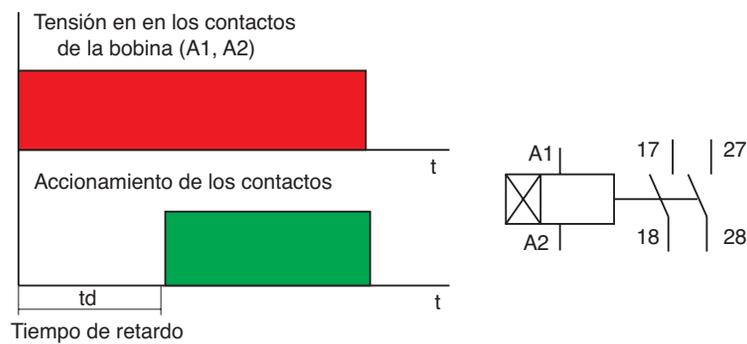


↑ **Figura 2.29.** Relés con adaptador a carril DIM.

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. En las instalaciones eléctricas pueden ser útiles cuando un sensor de los vistos anteriormente tiene un tiempo de accionamiento mayor o menor al deseado. Por ejemplo, imaginemos la sirena de un colegio que se activa mediante un interruptor horario digital que tiene un minuto mínimo de activación, este tiempo puede ser excesivo con lo cual la solución sería conectar a su salida un temporizador que cortará la activación de la sirena a un tiempo menor, por ejemplo 20 segundos. Un temporizador puede funcionar con **retardo a la conexión** o con **retardo a la desconexión**.

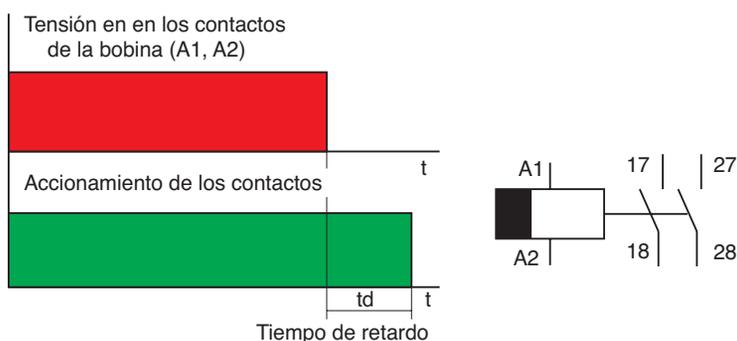


- **Con retardo a la conexión:** cuando la bobina es activada comienza el tiempo de temporización de tal forma que los contactos permanecen en reposo hasta transcurrido dicho tiempo. Después del tiempo ajustado en el temporizador los contactos se activan cambiando su posición. Los contactos vuelven a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



↑ **Figura 2.31.** Temporizador con retardo a la conexión.

- **Con retardo a la desconexión:** en este otro tipo 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, desconectándose al final de dicho tiempo.



↑ **Figura 2.32.** Temporizador con retardo a la desconexión.



↑ **Figura 2.30.** Temporizadores.

EJEMPLO

Imagina que debes realizar una instalación eléctrica en la cual por una parte un interruptor horario de 10 A debe accionar 4 lámparas cuyo consumo total es de 18 A. Y por otro lado un interruptor crepuscular de 10 A debe accionar sin luz solar una lámpara de 4,3 A, sin embargo en estado de reposo (con luz solar) debe estar encendida una lámpara de señalización.

Solución:

En un caso debido al gran consumo de las lámparas que deben ser accionadas por un interruptor, horario se utiliza un contactor monofásico de 20 A para soportar dichas cargas. En el segundo caso un interruptor crepuscular en reposo mantiene una lámpara de señalización activada, y en caso de falta de luz, dicha lámpara se apaga y se enciende la lámpara de alumbrado de la instalación. (Esquema en la figura 2.33).



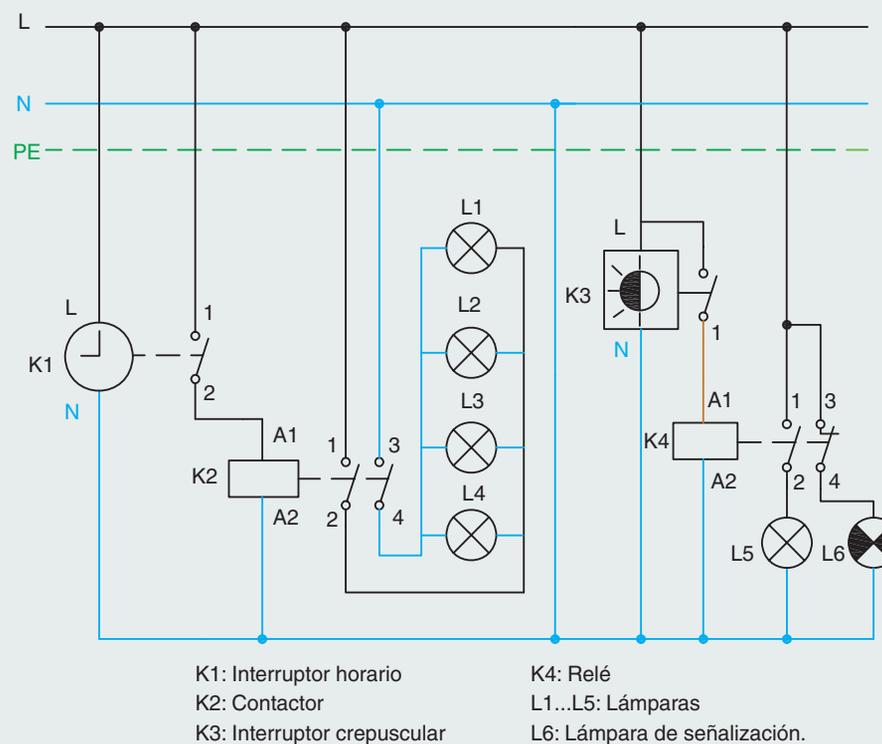
EJEMPLO

Imaginemos ahora 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 (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 realzar un mobiliario determinado.

Solución:

Dado que en el mercado no existen sensores de más de 16 A y debido al gran consumo de las lámparas que deben ser accionadas por un interruptor horario, se utiliza un contactor monofásico de 20 A para soportar dichas cargas. En el segundo caso un interruptor crepuscular en reposo mantiene una lámpara de señalización activada de día, y en caso de falta de luz, dicha lámpara se apaga y se enciende la lámpara de alumbrado del luminoso con la ayuda de un relé temporizado. (Esquema en la figura 2.33).



↑ **Figura 2.33.** Esquema eléctrico de representación de de contactores y relés.

ACTIVIDADES

11. Diseña y monta sobre el panel de pruebas con un relé sobre carril DIM, según muestra la figura 2.29, un circuito activado por un interruptor horario de forma que a las horas preestablecidas de encendido, por ejemplo, de las 17:30 h hasta las 23:30 h encienda una lámpara, y el resto de las horas esté encendida una lámpara de señalización.

**EJEMPLO**

En un instituto se va a instalar un sistema de accionamiento de los timbres, con duración 25 segundos, para el aviso de entrada y salida de las aulas cuya programación de horas de activación es el siguiente:

Programación del interruptor horario digital

08 : 00 : 1^{er} Timbre (entrada a las aulas).
09 : 00 : 2^o Timbre fin de 1^a hora, comienzo de 2^o hora.
10 : 00 : 3^{er} Timbre fin de 2^a hora, comienzo de 3^a hora.
11 : 00 : 4^o Timbre fin de 3^a hora, comienzo de recreo.

11 : 30 : 5^o Timbre fin de recreo, comienzo de 4^a hora.
12 : 30 : 6^o Timbre fin de 4^a hora, comienzo de 5^a hora.
13 : 30 : 7^o Timbre fin de 5^a hora, comienzo de 6^a hora.
14 : 30 : 8^o Timbre fin de clases (salida de las aulas).

Se pide:

- Elegir los dispositivos adecuados teniendo en cuenta que la potencia total de todos los timbres instalados es de 600 W.
- Dibuja el esquema multifilar.

Solución:

En este caso necesitamos un interruptor horario digital semanal que nos permita ajustar diariamente los intervalos de tiempo de llamada, pero hay que tener en cuenta que:

Los días no lectivos el sistema debe quedar desactivado, con lo cual lo programamos únicamente de lunes a viernes, ahora bien como existen días laborables en los que no debe funcionar debido a puentes, días festivos, vacaciones, etc., necesita de un dispositivo de desactivación/activación manual en caso de avería, desajuste de horas o vacaciones.

Elegimos un Interruptor horario de ORBIS modelo DATA MICRO diseñado especialmente para activar timbres o sirenas de colegios, este dispositivo es libre de potencial con contactos conmutados de 230 V/10 A, con una temporización de 2, 5 o 10 segundos, y un cambio de hora de verano a invierno con la pulsación de una sola tecla, además posee una tecla que permite el paso a manual de desactivación/activación automática del dispositivo, ahora bien, en caso de desactivación por algún motivo (desajuste de horas, o avería por ejemplo) necesitamos un pulsador manual para activar los timbres.

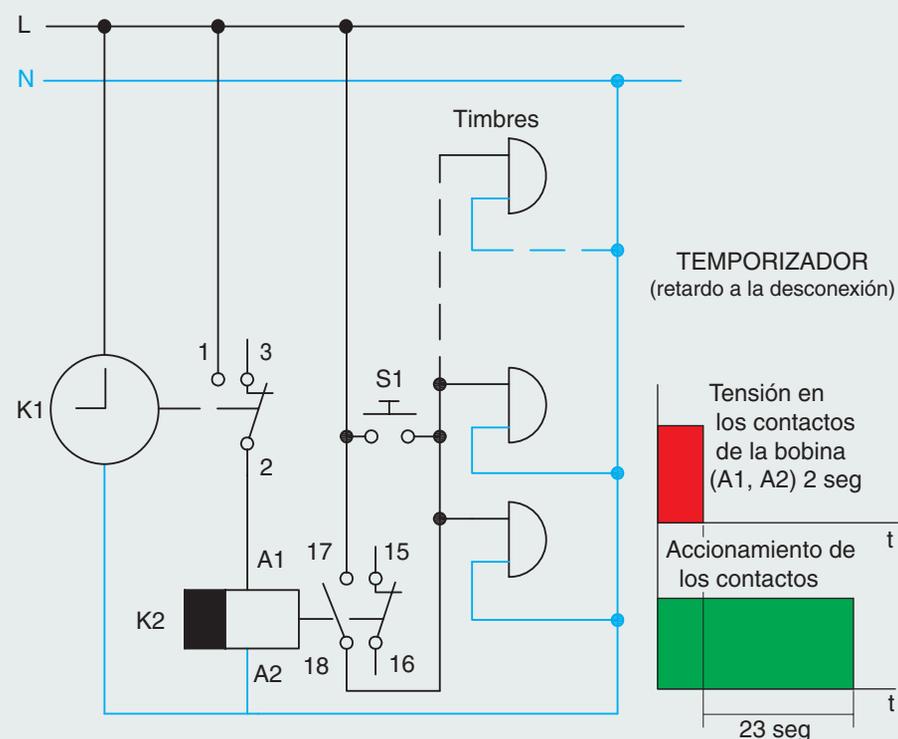
Para poder activar todos los timbres durante 25 segundos necesitamos un temporizador programado a 23 segundos, de tal forma que ajustamos el interruptor horario durante 2 segundos, la bobina del temporizador se conecta al contacto NC del interruptor horario de tal forma que cuando éste se active abrirá dicho contacto y transcurrido los 2 segundos lo cerrará de nuevo activando la bobina del temporizador el cual cerrará su contacto durante 23 segundos.

El esquema eléctrico multifilar es el de la figura 2.34.



La programación se realiza siguiendo las indicaciones del manual del fabricante, en este caso el primer paso es poner en hora el interruptor horario digital, seguidamente se elige la maniobra de activación de 2 segundos y finalmente se entra en programación introduciendo las horas establecidas a las que deben sonar los timbres de lunes a viernes.

Cada vez que activa su contacto, el interruptor horario activa durante 2 segundos la bobina del temporizador, de tal forma que al utilizar un temporizador con retardo a la desconexión programado en 23 segundos, el tiempo de activación de los timbres será finalmente de 25 segundos.



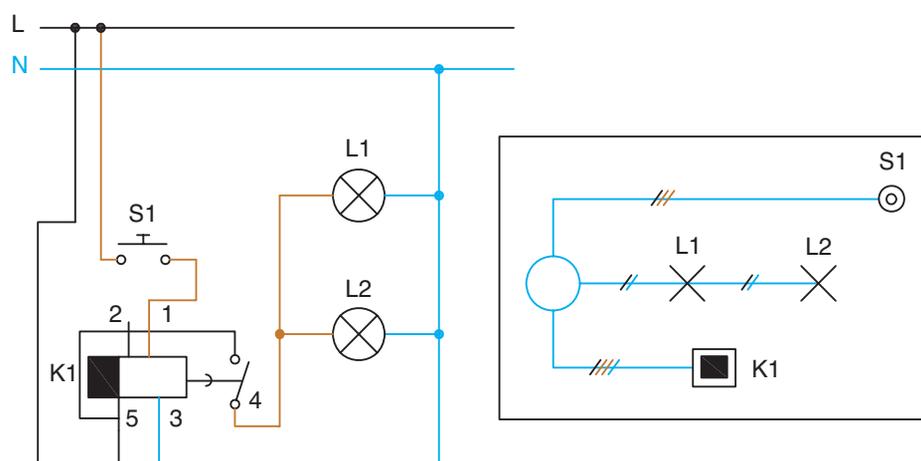
↑ Figura 2.34. Esquema multifilar de un sistema automático de aviso de timbres en un colegio.

caso práctico inicial

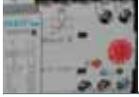
El instalador en la caja de registro identifica los conductores, de forma que la conmutada S2 se sustituye por el interruptor temporizado, debiendo llevar un cable más (el neutro) y utilizar los otros tres que posee la conmutada. La conmutada S1 se sustituye por un pulsador, de forma que utiliza dos conductores nada más y uno de ellos queda libre.

Finalmente realiza las diferentes conexiones en la caja de registro, dada así por concluida la modificación propuesta por la comunidad de vecinos, siendo el esquema el de la figura 2.35.

La figura siguiente muestra la resolución del caso práctico inicial.



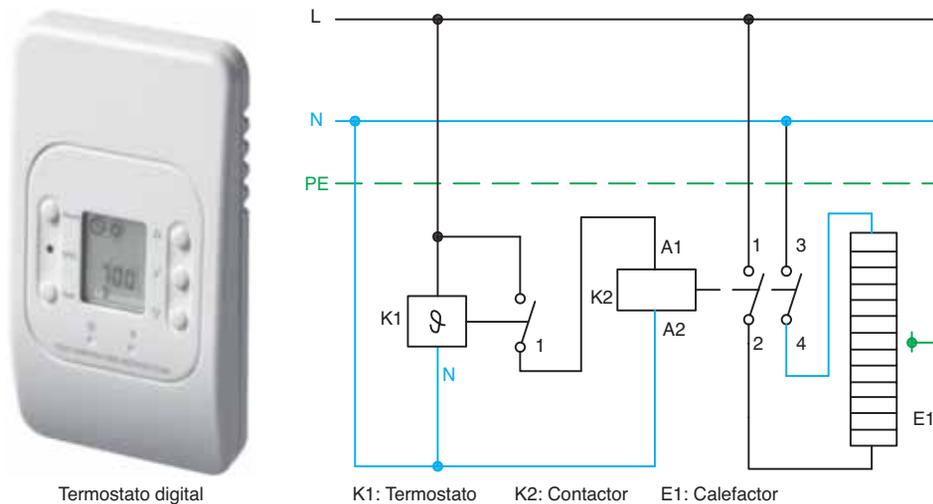
↑ Figura 2.35. Esquema unifilar y topográfico de caso práctico inicial.



6. Otros dispositivos de aplicación a las instalaciones eléctricas

Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos, además de los descritos anteriormente, tales como termostatos, anemómetros, mandos a distancia por infrarrojos, etc., que resumiremos a continuación.

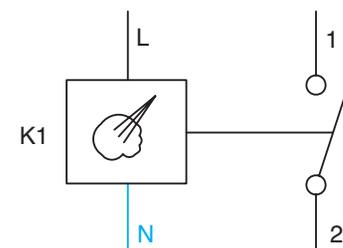
Termostatos. Se utiliza para controlar la temperatura ambiente de forma automática, sobre todo para uso de control de calefacción y aire acondicionado. En el mercado los podemos encontrar de dos tipos: analógicos y digitales. Los termostatos analógicos simplemente constan de una lámina en espiral sensible 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.



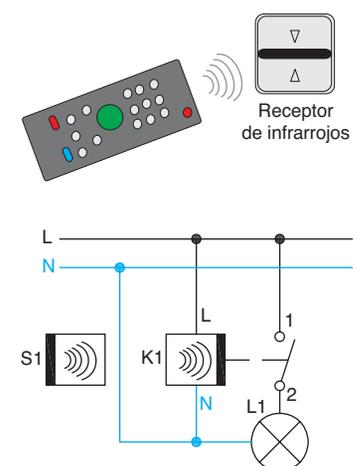
↑ Figura 2.37. Termostato digital y esquema de control de calefactor eléctrico con termostato y contactor.

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. 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, volviéndose a abrir cuando dicha velocidad haya cesado.

Mando a distancia por infrarrojos. Un sistema de control 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, y un largo etcétera de aplicaciones.



↑ Figura 2.36. Anemómetro.

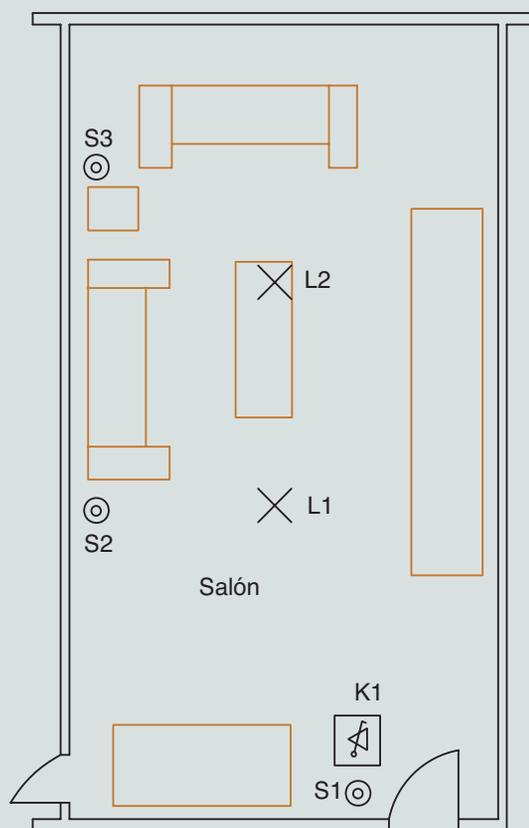


↑ Figura 2.38. Conjunto emisor-receptor para el control de luces a distancia mediante infrarrojos, en el cual el receptor actúa como interruptor manual o bien a través de mando a distancia.



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 regulada desde 4 puntos mediante regulador de luminosidad de pastilla de dos hilos (figura 2.22.) y conmutadores.
- 3. Realizar la actividad propuesta en la Práctica Profesional 1 de esta unidad.
- 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 anoecer, 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. Realizar la actividad propuesta en la Práctica Profesional 2 de esta unidad.
- 10. Basándote en los esquemas 2.20 y 2.36, 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. Realiza el esquema multifilar de la instalación eléctrica de un salón cuyo esquema de distribución en planta muestra la figura 2.39, la cual dispone de un sistema de regulación de luminosidad de dos lámparas conectadas en paralelo, mediante una pastilla de regulación K1 integrada en la misma caja de mecanismos del pulsador S1 y dos pulsadores adicionales S2 y S3, lo que permitirá regular las dos lámparas desde tres puntos diferentes.



↑ Figura 2.39. Esquema topográfico del salón con lámparas regulables.

entra en internet

- 12. Consigue, a través de internet, catálogos de fabricantes tales como ORBIS y comprueba las especificaciones técnicas de sus interruptores horarios, automáticos de escalera, detectores de proximidad e interruptores crepusculares.
- 13. Busca, a través del buscador web el fabricante VARILAMP, en su catálogo distintos reguladores de luminosidad y temporizadores, y comprueba sus características, aplicaciones y funcionamiento.
- 14. En el catálogo de ORBIS elige un detector de proximidad. Comprueba sus especificaciones técnicas y en función de ellas haz una relación del número de lámparas que puede activar dicho detector sin necesidad de apoyo de contactores. Las lámparas a activar son: incandescencia de 40 W, fluorescencia sin compensar de 18 W, fluorescencia compensada de 36 W, halógenas de 230 V de 75 W y lámparas de bajo consumo de 26 W.
- 15. Con el catálogo de ORBIS que has descargado busca el automático de escalera tipo pastilla para caja de mecanismos a 2 hilos copia su esquema y características técnicas, haz lo mismo con los temporizadores del catálogo de VARILAMP y compara las diferencias entre ellos.



PRÁCTICA PROFESIONAL 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 2x20 A.
- Cuatro lámparas 40 W y cuatro portalámparas (para simular los focos).
- Una caja de registro de 100x100, perfil DIM, 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

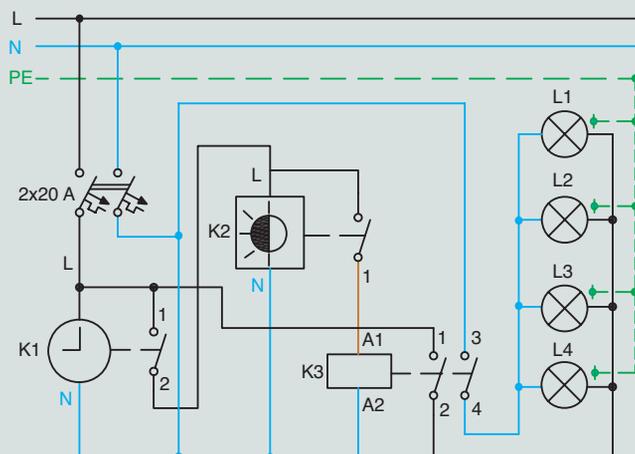
OBJETIVOS

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:

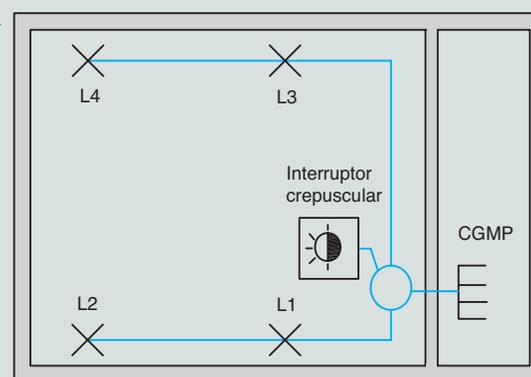
Las luces se encenderán diariamente siempre que no haya luz solar suficiente y dentro del horario de funcionamiento que será de 16:30 horas hasta las 22:00 horas. El objetivo del contactor es soportar la corriente demandada por los focos, ya que estos consumen unos 17A.

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 DIM 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 100x100 en el panel, así como los tubos y portalámparas, y realiza el cableado y conexión 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.

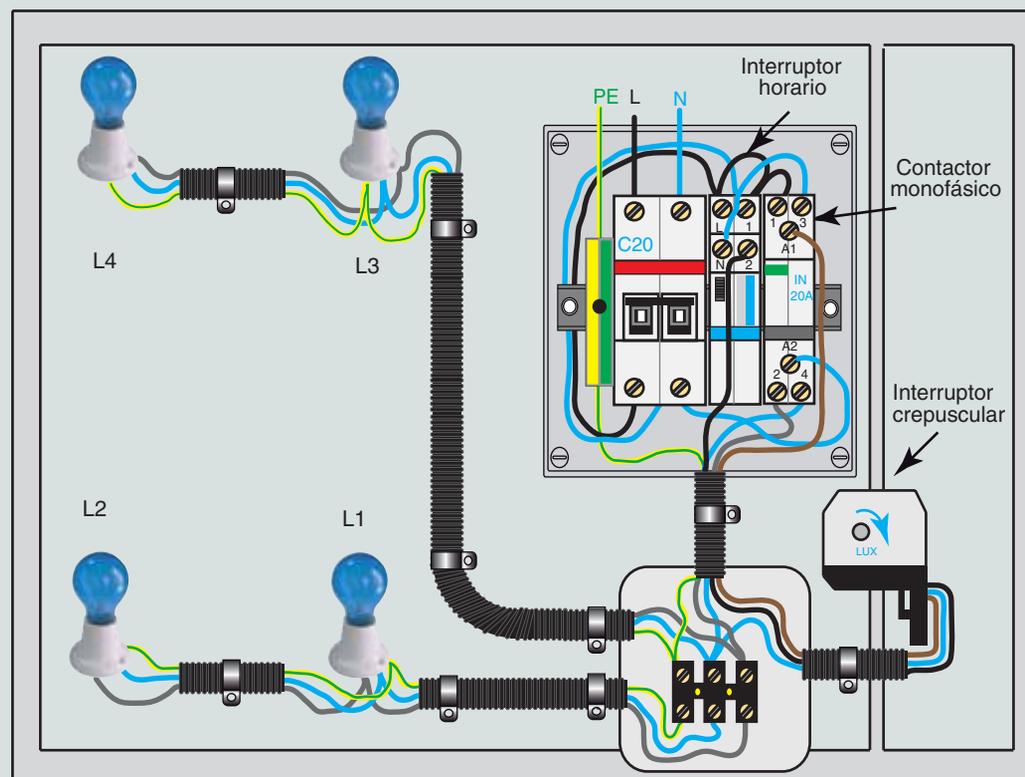


↑ Figura 2.40.



↑ Figura 2.41.

2. En el panel de trabajo ubica sobre carril DIM 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 2.42.

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 y 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 sólo hasta las 00:30 h. (horario de máxima afluencia de público).
 - A partir de las 00:30 h. sólo 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 su funcionamiento.



PRÁCTICA PROFESIONAL 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 de 40 W 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

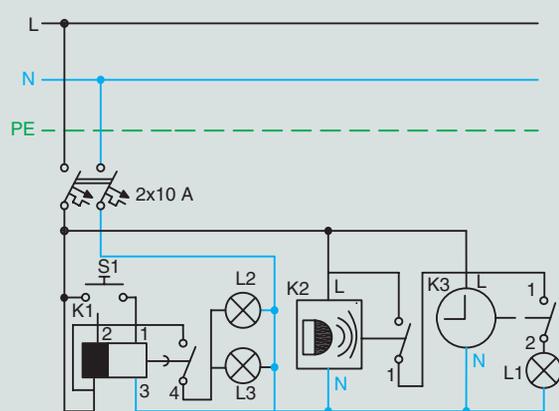
OBJETIVOS

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:

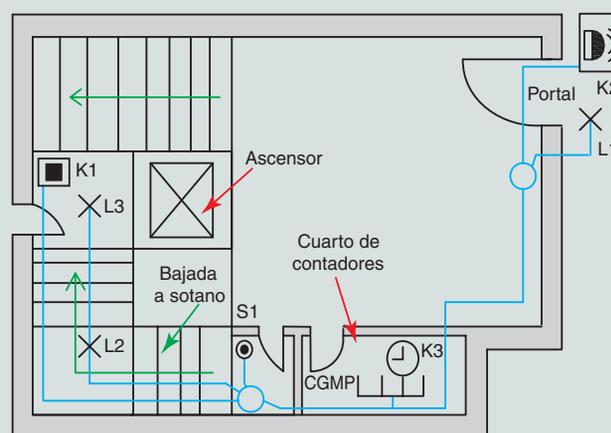
1. En el portal de un edificio se desea instalar una lámpara que se activará mediante detector de presencia e interruptor horario de forma que dicha lámpara se activará siempre y cuando se cumplan las dos siguientes condiciones:
 - Que detecte la presencia de una persona.
 - Que la hora a la que se debe 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 DIM 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.

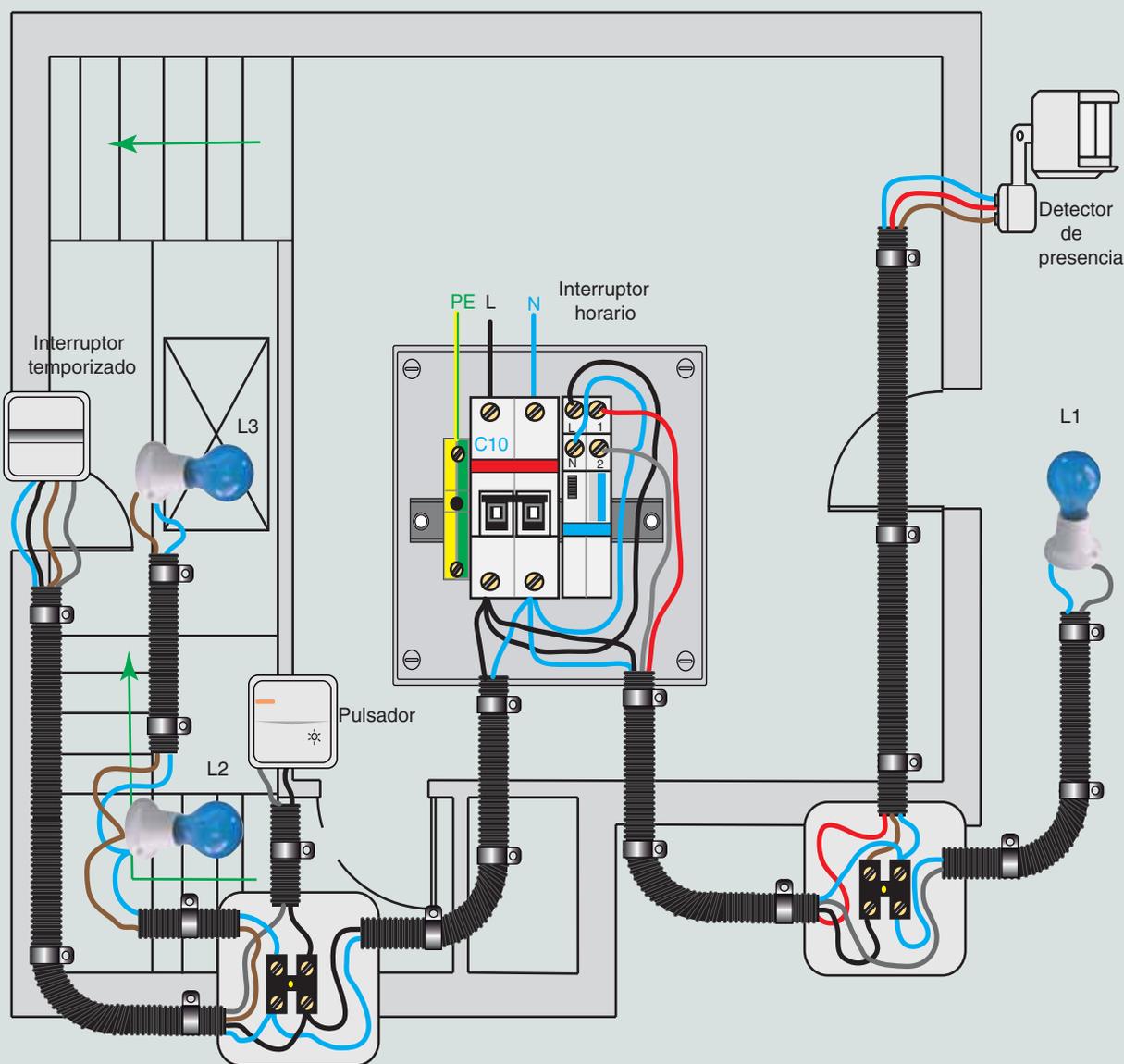


↑ Figura 2.43.



↑ Figura 2.44.

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



↑ Figura 2.45.

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 2.12.
4. Dibuja el esquema siendo ahora el interruptor horario quien accione al detector de presencia, modifícalo y 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.

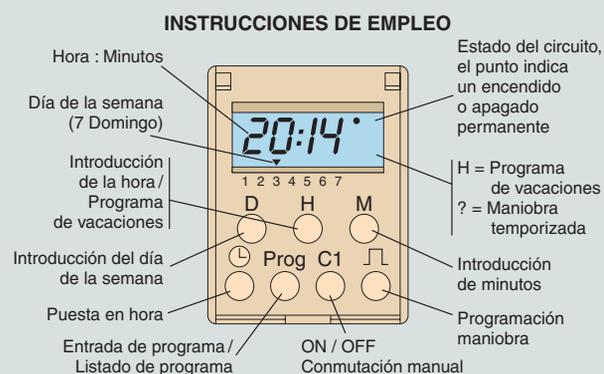


MUNDO TÉCNICO

Características y programación de un interruptor horario digital

En muchos de los dispositivos utilizados en las instalaciones eléctricas es necesario utilizar las especificaciones técnicas que ofrecen los fabricantes para conocer sus diagramas de contactos, sus alimentaciones, cargas soportadas, programación, etc. Tal es el caso del interruptor horario del ejemplo 2 de este tema para el cual es necesario e importante conocer su programación, esta es la programación que ofrece ORBIS de su interruptor horario digital DATA MICRO.

Esta es la programación que ofrece ORBIS de su interruptor horario DATA MICRO.



↑ Figura 2.46.

Descripción

El DATA MICRO está diseñado para el control de cualquier instalación eléctrica, incorpora la posibilidad de maniobras de corta duración (2,5 y 10 segundos).

Puesta en servicio y programación

Después de conectar el aparato, presionar simultáneamente «D», «┐┐», «M» y «C1», para borrar posibles programaciones. Al dejar de presionar aparece en el display 00:00.

Programación de día y hora

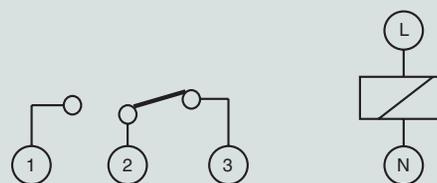
Durante el proceso de puesta en hora mantener pulsada la tecla «┐┐». Mediante la tecla «D» se selecciona el día de la semana, el cual aparece señalado por una flecha en el display. Los datos de hora y minutos se introducen con «H» y «M», respectivamente. Al soltar la tecla «┐┐» el reloj se pone en marcha.

Programación

El DATA MICRO permite realizar programaciones de conexión, desconexión o pulsos en bloques de uno, varios o todos los días de la semana. Seguir los siguientes puntos:

- 1 Pulsar la tecla «PROG».
- 2 Elegir el tipo de maniobra a programar:
Maniobra de conexión: pulsar la tecla «C1» hasta que aparezca «On» en el display. Pasar al punto 3.
Maniobra de pulso: pulsar la tecla «┐┐» hasta que aparezca 2, 5 o 10 segundos. Pasar al punto 3.
- 3 Con las teclas «H» y «M» introducir la hora en la que se desea efectuar la maniobra elegida.
- 4 Con la tecla «D» situar la flecha parpadeante sobre el primer día de la semana que se quiere programar y fijarlo pulsando la tecla «PROG». Repetir esta operación con los demás días de la semana en que se quiera efectuar la misma maniobra.

- 5 Pulsar «PROG» para validar los datos. Para programar otra maniobra volver al punto 2. Cada vez que se realizan estos 5 pasos se ocupa un espacio en memoria. El DATA MICRO dispone de 24 espacios de memoria. Terminada la programación, para volver a la hora actual, pulsar «┐┐».



↑ Figura 2.47. Esquema de conexión.

Conmutación manual:

Pulsando «C1» se realiza la conexión (On) o la desconexión (Off) sin alterar el programa establecido. La siguiente programación contraria anula la conmutación manual.

Conmutación manual y permanente:

Pulsando «C1» y «M» se realizan conexiones o desconexiones permanentes, las cuales están indicadas por un punto negro en el display. Para volver al funcionamiento programado pulsar de nuevo las mismas teclas, hasta que desaparezca el punto negro.

Cambio de horario Verano/invierno

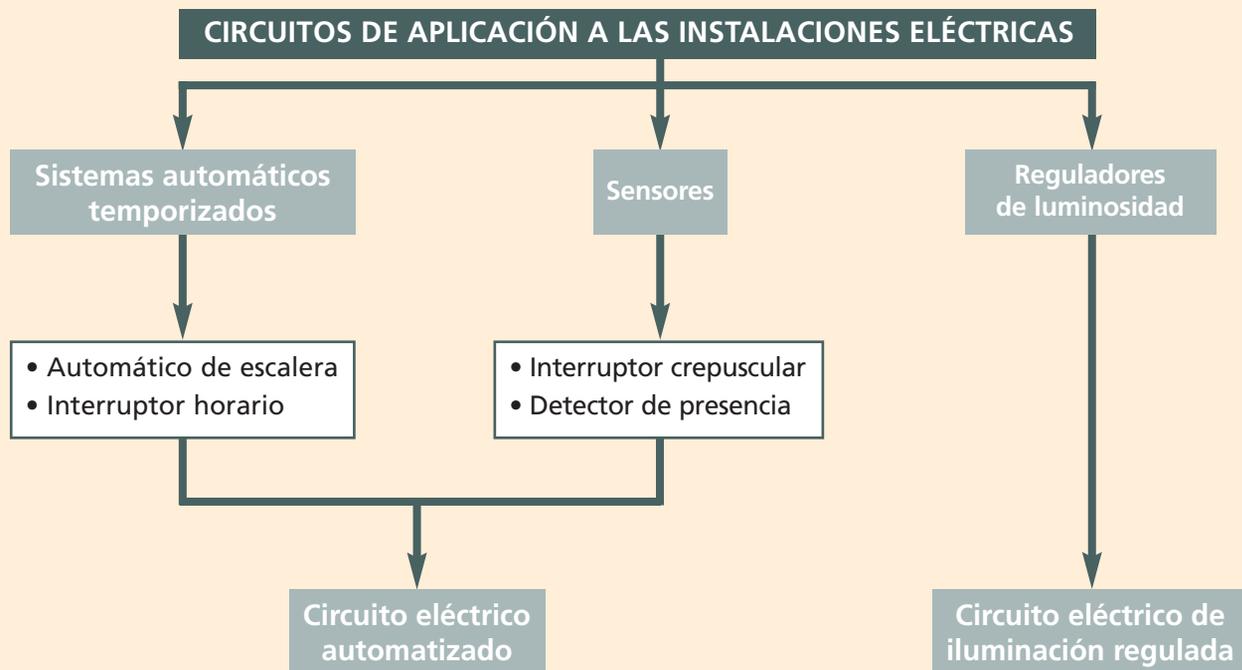
Manteniendo pulsada la tecla «D», pulsar «H» para adelantar una hora o «M» para retrasar una hora.

Programación del ejemplo del colegio

En el ejemplo de utilización del DATA MICRO para el colegio la programación una vez realizada la instalación sería la siguiente:

1. Se presiona simultáneamente las teclas «D», «┐┐», «M» y C1, en el display aparecerá 00:00.
2. Ahora supongamos que la programación el instalador la realiza un martes a las 09:25 h, en tal caso se realiza la puesta en hora manteniendo pulsada la tecla «┐┐» y mediante la tecla «D» irá pulsando dicha tecla hasta que la flecha del display señale el número 2 (Martes), seguidamente se irá pulsando «H» hasta que aparezca en el display «09» y seguidamente se pulsará «M» hasta que aparezca «25», finalmente se suelta la tecla «┐┐» y el reloj quedará puesto en hora.
3. El siguiente paso es realizar la programación diaria establecida en el ejemplo del colegio, para ello se pulsa la tecla «PROG» y se realiza una maniobra a la conexión pulsando «C1» hasta que aparezca «On» en el display, seguidamente se pulsa la tecla «D» hasta la posición 1 (lunes) y se introducirán las horas a las que sonarán los timbres para ese día de la semana pulsando «H» para la hora y «M» para los minutos de forma que se introducirán las horas de forma secuencial, es decir, 08:00, 09:00, 10:00, etc. hasta las 14:00 h. Se vuelve a pulsar «D» hasta la posición 2 (martes) y se realiza la misma operación de introducción de horas hasta el viernes (posición 5), el sábado y domingo se dejan libres.
4. Finalmente se pulsa «PROG» para validar los datos y seguidamente la tecla «┐┐» para salir, dada por finalizada la programación.

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Si tenemos dos dispositivos que se deben conectar en serie para cumplir un determinado evento y uno es de libre potencial y el otro no libre potencial. ¿Cuál se conectará primero?
 - El de libre potencial.
 - El de no libre potencial.
 - Depende del tipo de instalación.
- En un automático de escalera, si un pulsador se avería y se queda siempre cerrado ¿qué ocurriría?
 - Ya no puedes encender las luces.
 - Ya no podrás apagar las luces.
 - No ocurre nada, sigue funcionando igual.
- ¿Cuántos bornes o contactos posee un interruptor crepuscular libre de potencial con salida a conmutador?
 - 3
 - 4
 - 5
- El regulador de luminosidad de pastilla:
 - Permite sólo controlar la luz desde un punto.
 - Desde varios puntos.
- Un relé soporta más potencia que un contactor:
 - Verdadero.
 - Falso.
- Se denomina sensor al:
 - Dispositivo temporizado automático.
 - Dispositivo regulador.
 - Dispositivo detector de algún evento.
- ¿Si se va la luz en una instalación que cuenta con algún interruptor horario digital?:
 - Sigue funcionando correctamente.
 - Hay que programarlo de nuevo cuando vuelve la luz.
- ¿Se puede accionar directamente una bomba de riego que consume 12 A con un interruptor horario de 16(10 A)?:
 - No.
 - Sí.
 - Sí, pero mediante un contactor.

3 Normativa y reglamentación

vamos a conocer...

1. El Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (REBT). Objeto y campo de aplicación
2. Instaladores autorizados en Baja Tensión
3. Documentación técnica de las instalaciones eléctricas en Baja Tensión
4. Verificaciones iniciales, tramitación de documentación y puesta en servicio

PRÁCTICA PROFESIONAL

Documentación para una instalación eléctrica de un edificio de viviendas

MUNDO TÉCNICO

Medios técnicos requeridos a los instaladores autorizados en Baja Tensión

y al finalizar esta unidad...

- Comenzarás a familiarizarte con el REBT.
- Conocerás las diferentes categorías de instaladores autorizados en baja tensión así como los pasos a seguir una vez terminados tus estudios para obtener el carné de instalador y ser un instalador autorizado.
- Aprenderás la diferente documentación necesaria para la realización de instalaciones eléctricas, así como su tramitación.

INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS:

...nes de carácter concreto que desarrollan
...agrupar de la siguiente forma:

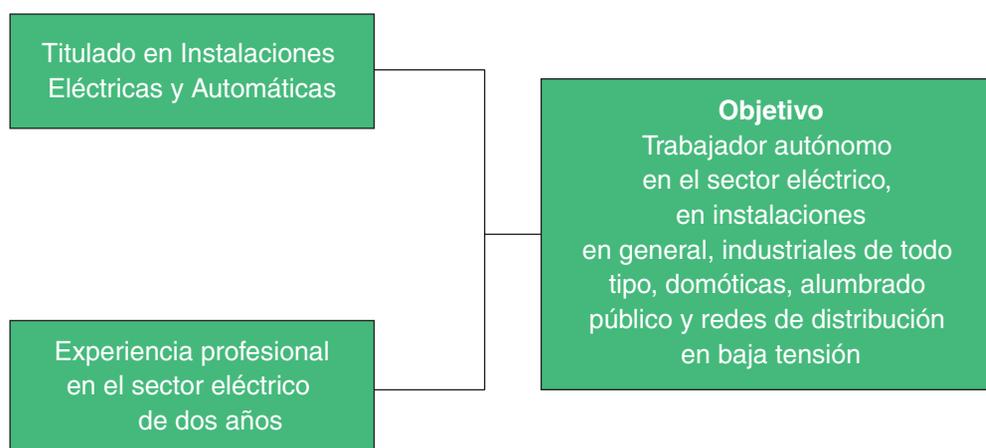
- 01 Terminología.
- 02 Normas de referencia.
- 03 Instaladores y empresas instaladoras.
- 04 Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.
- 05 Verificaciones e inspecciones.
- 06 Redes aéreas.
- 07 ...del neutro y de las masas.
...ado exterior.
...suministros en baja tensión.
...des de distribución de energía eléctrica. Acometidas

CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Un joven de 20 años que lleva dos años en una empresa instaladora decide montar su propia empresa, la cual se dedicará principalmente a realizar instalaciones industriales, domóticas, de líneas aéreas y subterráneas de baja tensión, y de alumbrado público.

Para ello decide cursar el Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones Eléctricas y Automáticas y una vez terminados los dos años de estudios se plantea los pasos a seguir para conseguir su objetivo.



↑ Figura 3.1.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar a la primera pregunta. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Habrás oído hablar de un requisito importante para poder firmar una instalación eléctrica. ¿Cómo se denomina este documento que debes obtener una vez terminados tus estudios para poder firmar una instalación eléctrica?
2. ¿Qué diferencia existe entre la categoría básica y especialista?
3. ¿En qué categoría debe examinarse un futuro instalador para poder realizar instalaciones en talleres de automóviles y gasolineras?
4. Si posees el título de Grado Medio en Instalaciones Eléctricas y Automáticas con 2 años de experiencia en el sector eléctrico. ¿Cuántas horas de curso debes realizar como mínimo?
5. Según la situación de partida, el titulado, una vez obtenido el carné de instalador, ¿necesitará entre sus medios técnicos un aparato de vigilancia del nivel de aislamiento de los quirófanos?
6. ¿Cuántos operarios podrá tener a su cargo el instalador del caso propuesto inicial?

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

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.

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 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua. Y se aplicará a:

- A todas las nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones.
- A 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 a las modificaciones o reparaciones de líneas completas de procesos productivos con nuevos circuitos y cuadros.
- A 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.
- Igualmente se aplicará dicho reglamento a 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 donde se establece su objeto, su campo de aplicación, el alcance y las características fundamentales del mismo. El resto lo componen 51 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 51 Instrucciones se pueden agrupar en los siguientes bloques:

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

Incluye además de terminología eléctrica, toda la **normativa y documentación** que precisan tanto los instaladores como las instalaciones. Este bloque es tratado en este tema de forma exhaustiva.

- **Bloque II** (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 alum-

brado exterior, que si bien son instalaciones receptoras, sus características son similares a las redes de distribución, ya que transcurren igualmente por la vía pública.

- **Bloque III** (ITC-12 hasta ITC-18).

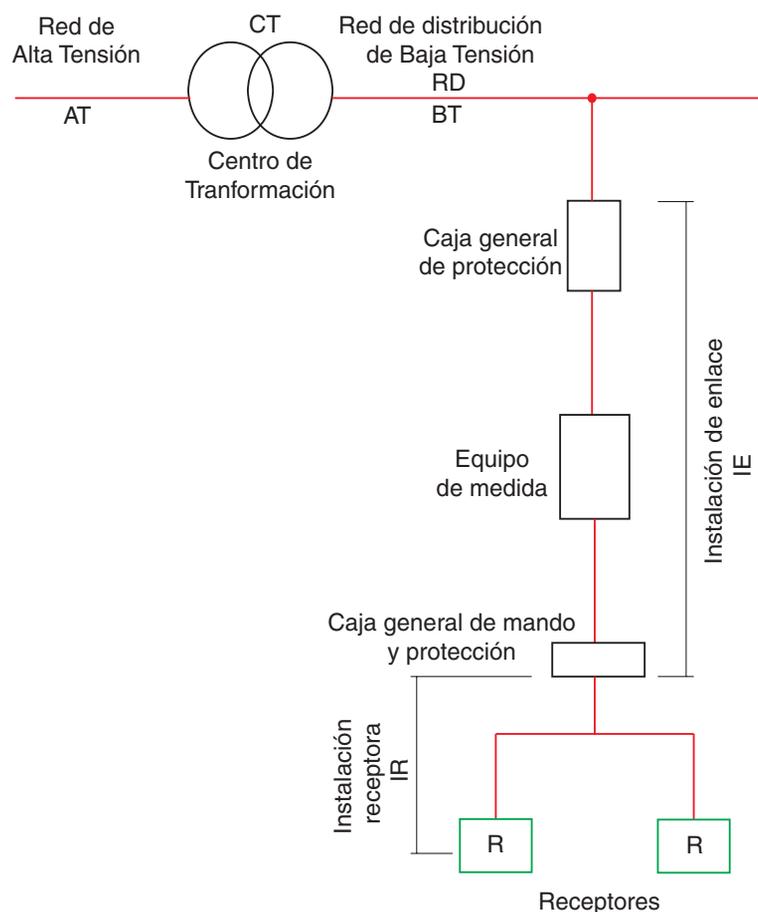
Incluye las características y elementos de la **instalación de enlace**, que es la línea que enlaza la red de distribución con la instalación interior o receptora. Esta línea ya no es propiedad de la empresa suministradora sino de los usuarios a los que alimenta, si bien lleva incluido siempre los equipos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

- **Bloque IV** (ITC-19 hasta ITC-42 y ITC-50-51).

Incluye las características y elementos de todo tipo de **instalación 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** (ITC-43 hasta ITC-49).

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



vocabulario

Las instalaciones eléctricas interiores no son solo aquellas que se encuentran 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, alumbrado exterior, etc., es considerada como instalación eléctrica de interior aunque se encuentren en emplazamientos al aire libre.

↑ **Figura 3.2.** Esquema general de una instalación de transporte y distribución eléctrica.

2. Instaladores autorizados en Baja Tensión

Un instalador autorizado en baja tensión es quien realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas, habiendo sido autorizado según lo prescrito en la instrucción técnica complementaria **ITC-BT 03 del REBT** que establece las condiciones y requisitos para la certificación de competencias y autorizaciones administrativas correspondientes a los instaladores autorizados de baja tensión.

2.1. Categorías

Podemos distinguir dos categorías de instaladores autorizados en baja tensión:

- **Categoría básica (IBTB).**

Estos instaladores podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones para baja tensión en edificios, industrias, infraestructuras y, en general, todas aquellas que no estén contempladas en la categoría especialista (IBTE).

- **Categoría especialista (IBTE).**

Los instaladores y empresas autorizadas podrán realizar y reparar las instalaciones de categoría básica y, además las instalaciones de la siguiente tabla:

caso práctico inicial

Un instalador con intención de poder realizar instalaciones en cualquier tipo de ambiente industrial, así como instalaciones domóticas o de distribución de redes aéreas y subterráneas en baja tensión, debe obtener el Certificado de Instalador Autorizado en baja tensión, en la categoría de especialista (IBTE).

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.**

Un instalador de categoría especialista podrá estar autorizado en todas, en una o varias modalidades, de forma que en el certificado de cualificación individual y de instalador deberán constar expresamente la modalidad o modalidades en las que ha sido autorizado, en caso de no serlo para la totalidad de las mismas.

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 única 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 instalan 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 o subterráneas para la distribución de energía**, se encuentra en el ámbito de aplicación de la ITC-BT 06 para líneas aéreas, ITC-BT 07 para líneas subterráneas e ITC-BT 11 para acometidas, por ejemplo, una red de distribución en 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.

EJEMPLOS

■ Un instalador debe realizar una instalación eléctrica en un taller de confección textil, ¿en qué categoría debe estar autorizado?

Solución:

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

■ Para realizar la instalación eléctrica de una industria dedicada a construcciones metálicas, ¿en qué categoría debe estar autorizado un instalador para ejecutarla y poder firmar la misma?

Solución:

Una industria de carpintería metálica no está clasificada dentro de ninguna modalidad de la categoría especialista, con lo cual con la categoría básica podrá realizar y firmar la instalación.

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 en 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 instaladores de categoría básica.

Por ejemplo, una instalación de farolas de alumbrado público con lámparas de descarga de vapor de sodio, interiormente poseen 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 alimentación a 230 V, no es necesario que dicha instalación sea realizada por un instalador de categoría especialista en la modalidad de lámparas de descarga en alta tensión y rótulos luminosos.

ACTIVIDADES

- Indica con el número de categoría IBTE en la cual debe estar un instalador autorizado para realizar las siguientes instalaciones:

Instalación	Nº Categoría	Instalación	Nº Categoría
Video vigilancia en un edificio		Acometida eléctrica de un edificio de oficinas	
Carpintería de madera		Garaje de 10 plazas	

2.2. Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión (carné de instalador autorizado)

Es el documento en el cual la Administración reconoce al titular la capacidad para desempeñar las actividades correspondientes a las categorías especificadas anteriormente, dicho documento **no** capacita, por sí solo, para la realización de la actividad, sino que tan solo es un requisito previo para la obtención del Certificado de Instalador Autorizado de Baja Tensión.

Los requisitos exigidos para la obtención del Certificado de cualificación individual en Baja Tensión son los reflejados en la tabla 3.2, y se deberán acreditar ante la Comunidad Autónoma donde radique el interesado.

→ Tabla 3.2.

CARNÉ DE INSTALADOR		
Requisitos para la obtención del certificado de cualificación individual en baja tensión		
Encontrarse en edad laboral		
Conocimientos teórico prácticos de electricidad	Técnico de Grado Medio en Equipos e Instalaciones Eléctrotécnicas	<i>b. 1.</i> Con un año de experiencia, como mínimo, en empresas de instalaciones eléctricas y haber realizado un curso de 40 horas impartido por una entidad de formación autorizada en baja tensión
	Técnico de Grado Medio en Instalaciones Eléctricas y Automáticas	<i>b. 2.</i> Sin experiencia habiendo realizado un curso de 100 horas impartido por una entidad de formación autorizada en baja tensión
	Técnicos de Grado Superior en Instalaciones Eléctrotécnicas	<i>b. 3.</i> Sin experiencia <i>b. 4.</i> Con experiencia en empresas de instalaciones eléctricas
	Titulados de Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación suficiente en el campo electrotécnico (p.e Ingenieros Técnicos o superiores)	<i>b. 5.</i> Sin experiencia <i>b. 6.</i> Con experiencia en empresas de instalaciones eléctricas
Haber superado un examen, ante la Comunidad Autónoma donde radique el interesado en los siguientes casos:		<i>c. 1.</i> Examen teórico práctico para los Técnicos de Grado Medio en Equipos e Instalaciones Electrotécnicas (o Instalaciones Eléctricas y Automáticas) [b.1 y b.2] <i>c. 2.</i> Examen práctico para los Técnicos de Grado Superior en Instalaciones Electrotécnicas sin experiencia [b.3] y titulados de Escuelas Técnicas sin experiencia [b.5]
Nota: para los Técnicos de Grado Superior en Instalaciones Electrotécnicas y titulados en Escuelas Técnicas con experiencia [b.4 y b.6] no será necesario la realización de ningún examen, bastará con presentar el título junto con la acreditación de experiencia mínima de un año en trabajos del sector eléctrico ante la administración de la Comunidad Autónoma correspondiente para obtener el carné de instalador.		

Las diferentes Comunidades Autónomas son las encargadas de expedir dicho Certificado de cualificación Individual en baja tensión (carné de Instalador Autorizado), con la anotación de la categoría o categorías correspondientes, y dicho certificado tendrá validez en todo el territorio nacional.

2.3. Autorización como instalador en Baja Tensión

Como se dijo antes, estar cualificado no significa que se esté autorizado para realizar, mantener, etc., instalaciones en Baja Tensión, sino que además se requiere una serie de requisitos que resumiremos en la siguiente tabla:

INSTALADOR AUTORIZADO		
Requisitos para la autorización como instalador en Baja Tensión		
a) Disponer de medios técnicos y humanos para las diferentes categorías	Medios humanos	<ul style="list-style-type: none"> – Al menos una persona dotada del Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, de categoría igual a cada una de las del Instalador Autorizado en Baja Tensión, si es el caso, en plantilla de la entidad, a jornada completa. En caso de que una misma persona ostente dichas categorías, bastará para cubrir el presente requisito. – Operarios, en un número máximo de 10 por cada persona dotada del Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión, o por cada Técnico superior en Instalaciones Electrotécnicas o por cada Titulado de Escuelas Técnicas de grado medio o superior con formación suficiente en el campo electrotécnico.
	Medios técnicos	<ul style="list-style-type: none"> – Local de 25 m² como mínimo. – EQUIPOS <ul style="list-style-type: none"> a) Para todas las categorías <ul style="list-style-type: none"> Telurómetro; medidor de aislamiento; multímetro o tenaza para baja tensión de medida hasta 500 V, de intensidad hasta 20 A y medida de resistencia; medidor de corriente de fuga con resolución menor o igual a 1 mA; detector de tensión; analizador-registrador de potencia para corriente alterna trifásica con capacidad de medida de las magnitudes: potencia activa, tensión alterna, factor de potencia; equipo verificador de la sensibilidad de disparo de los interruptores diferenciales capaz de verificar la característica de intensidad-tiempo; equipo verificador de continuidad de conductores; medidor de Impedancia de bucle; herramientas comunes y equipo auxiliar; luxómetro. b) Para categoría especialista <ul style="list-style-type: none"> Además de los medios anteriores, deberán contar con los siguientes según proceda: analizador de redes de armónicos y de perturbación de red; electrodos para la medida de aislamiento de suelos; aparato de vigilancia de nivel de aislamiento de los quirófanos.
b) Tener suscrito un seguro de responsabilidad civil que cubra los riesgos que puedan derivarse de sus actuaciones, mediante una póliza de una cuantía mínima de 600.000 € para la categoría básica y de 900.000 € para la categoría especialista (actualizable según el IPC).		
c) Estar dado de alta en el Impuesto de Actividades Económicas (IAE).		
d) Estar incluido en el censo de obligaciones tributarias.		
e) Estar dado de alta en el correspondiente régimen de la Seguridad Social.		
f) En el caso de personas jurídicas, estar constituidas legalmente, debiendo aportarse cumplimentados con los datos de la entidad, los carnets identificativos de las personas físicas dotadas de Certificados de Cualificación Individual.		

↑ **Tabla 3.3.**

Una vez que el instalador está cualificado y cumple los requisitos para ser autorizado como instalador de baja tensión, el órgano competente de cada Comunidad Autónoma expedirá el correspondiente **Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión**, en cuyo certificado constará la categoría o categorías para las cuales esté autorizado.

En cuanto a la actuación de instaladores autorizados en baja tensión en Comunidades Autónomas distintas a las que se obtuvo la autorización, dichos instaladores deberán aportar ante el órgano competente de la otra Comunidad Autónoma una copia legal de dicho certificado.

3. Documentación técnica de las instalaciones eléctricas en Baja Tensión

saber más

El telurómetro

Se utiliza para medir la resistencia de tierra de una 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 3.3. Telurómetro.

caso práctico inicial

Una vez terminados los estudios y haber realizado un curso mínimo de 40 horas, se debe presentar a un examen teórico-práctico para obtener el Certificado de Cualificación Individual. Después de ello, deberá reunir los requisitos necesarios expresados en la tabla 3.3 para poder montar una empresa por cuenta propia y poder firmar las instalaciones.

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, éste 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 en 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, sus elementos de protección y sus 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 de su trazado.

La siguiente tabla muestra las instalaciones que para su ejecución requieren proyecto:

INSTALACIONES QUE PRECISAN PROYECTO		
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 extracción o elevación 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.	Cualquiera que sea su ocupación
h	Las de garajes que disponen de ventilación natural.	De más de 5 plazas de estacionamiento
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.	$P > 5 \text{ kW}$
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)

↑ **Tabla 3.4.**

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 3.4.** 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 1.000 V hasta unos 10 kV), con esto se consigue medir su resistencia de aislamiento, de tal forma que ésta debe ser alta, del orden de $M\Omega$ o $G\Omega$. Un valor alto indica un nivel bueno de aislamiento, y un valor bajo indica un nivel de aislamiento malo.



↑ Figura 3.5. Megger.

EJEMPLOS

■ Un instalador electricista es llamado por una constructora para la realización de un edificio de viviendas con un garaje y un local comercial en la planta baja, y debe determinar si necesita proyecto o bien Memoria Técnica de Diseño.

Solución:

Primeramente el instalador electricista autorizado debe realizar una previsión de potencia del edificio, para ello debe cuantificar la potencia que consumen las viviendas y sumarla a la potencia destinada a los servicios generales del edificio (ascensor, alumbrado, etc.), así como a la potencia del garaje y del local comercial. Una vez calculada toda la potencia, si ésta es mayor de 100 kW, deberá ponerse en contacto con un titulado competente para la realización de un proyecto de la instalación, documento según el cual el instalador realizará la misma. Sin embargo si la potencia obtenida es menor o igual a 100 kW, el instalador podrá realizar una MTD según el modelo de la Comunidad Autónoma donde se ubique el edificio y realizar la instalación.

■ Un titulado de Grado Medio en Instalaciones Eléctricas y Automáticas, recién terminados sus estudios y sin experiencia alguna en el sector eléctrico, decide obtener el Certificado de Cualificación Individual (carné de instalador) y necesita saber los pasos a seguir:

Solución 1:

En primer lugar debe realizar un curso de 100 horas mínimo impartido por una empresa de formación autorizada, ya que no posee experiencia alguna, **en segundo lugar** debe presentarse a una prueba convocada por la Consejería de industria de su Comunidad Autónoma para obtener la categoría básica IBTB, consistente en un **examen teórico** (normalmente tipo test del REBT) y un **examen práctico** (normalmente consistente en la realización de los cálculos y esquemas necesarios para realizar una instalación dada), y **en tercer lugar** decidir en cuál de las seis categorías IBTE se quiere especializar y realizar igualmente los exámenes teórico y práctico correspondientes, pero relacionados con la especialidad a la que desea optar.

Solución 2:

En primer lugar realizar la prueba de acceso al Ciclo formativo de Grado Superior «Instalaciones Electrotécnicas», **en segundo lugar** cursar dicho Ciclo formativo cuya duración es igualmente de 2 años, y **en tercer lugar**, realizar el/los **examen/es práctico/s** para obtener la/s categoría/s IBTB/IBTE.

Solución 3:

En primer lugar realizar la prueba de acceso al Ciclo formativo de Grado Superior «Instalaciones Electrotécnicas», **en segundo lugar** cursar dicho Ciclo formativo cuya duración es igualmente de 2 años, y **en tercer lugar** trabajar durante al menos un año en una empresa del sector eléctrico con lo cual obtendría directamente el carné de instalador. Esta experiencia profesional deberá demostrarse mediante la presentación del TC-1 TC-2, que acredite que ha estado asegurado y con una certificación de la empresa que describa las actividades realizadas, de lo cual dependerán las categorías para las cuales quedará habilitado, es decir, si, por ejemplo, ha trabajado en una empresa en la cual ha desarrollado trabajos de montaje en líneas de distribución, estará acreditado sin necesidad de examen en la categoría IBTE 5.

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

Una vez determinada 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 debe realizar las verificaciones que sean oportunas o bien una empresa de control cuando sean instalaciones relevantes. Las verificaciones previas a la puesta en marcha están contempladas en la norma **UNE 20.460-6-61**, y según esta norma la verificación inicial comprende dos fases diferentes:

- **Verificación por examen:** que se realiza sin tensión en la instalación eléctrica y consiste en una inspección visual a realizar antes de los ensayos, y 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.
- **Verificación por ensayos:** que se realiza con o sin tensión realizándose mediante medidas y ensayos. Los ensayos a realizar según corresponda son los de la tabla siguiente:

ENSAYOS EN LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN	
Ensayo	Comprobación
Continuidad	De desperfectos y cortes en los conductores.
Resistencia de aislamiento	De la integridad de los conductores y sus aislamientos.
Protección por separación MBTS	Que la alimentación esté separada de los receptores cuando se emple el sistema de Muy Bajas Tensiones de Seguridad (MBTS).
Resistencia de suelos y paredes	De que éstos no sean capaces de propagar potenciales.
Medida de resistencia de tierra	De que la resistencia de tierra se ajusta a la requerida por la instalación.
Polaridad	De que el Neutro no tiene tensión y si el de Fase respecto de tierra.
Medida de resistencia de bucle	De verificación contra contactos indirectos.
Comprobación de diferenciales	De verificación de disparo de los diferenciales.
Medida de alumbr. de emergencia	Del nivel de iluminación según lo preestablecido.
Medida de corriente de fuga	De las corrientes de fuga a través del conductor de protección.

↑ **Tabla 3.5.**

Finalizada la obra y las verificaciones iniciales, el instalador 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 3.6.



↑ **Figura 3.6.** Proceso de ejecución verificación, tramitación y puesta en marcha de una instalación.



↑ **Figura 3.7.** 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 sólo detectará tensión al tocar la fase, que en este caso es de color azul.

ACTIVIDADES FINALES

- 1. Indica en cuál de los 5 bloques de instrucciones del REBT se deberá consultar la reglamentación referente a los siguientes elementos:

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

- 2. Indica los pasos que debe seguir un Técnico de Grado Medio en Instalaciones Eléctricas y Automáticas para obtener el Certificado de Cualificación Individual sin tener que realizar ningún examen ante la Consejería de Industria.
- 3. ¿Qué diferencia existe entre el «Certificado de Cualificación Individual en Baja Tensión» y el «Certificado de Instalador Autorizado en Baja Tensión»?
- 4. Un instalador electricista debe realizar la instalación contra incendios de un garaje. ¿Por qué categoría especialista debe estar acreditado?
- 5. De la relación de ensayos que hay que realizar en la verificación inicial previa a la puesta en marcha de la instalación (tabla 3.5), 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 la instalación (tabla 3.5) indica, para cada uno de ellos, el aparato necesario para hacer 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:
 - a) El modelo de la Memoria Técnica de Diseño.
 - b) 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 la página oficial de la Consejería de Industria de tu Comunidad Autónoma consigue la relación de entidades autorizadas para impartir los cursos de 40 o 100 horas previos al examen del carné de instalador.
- 12. A través del buscador web, consigue enunciados de exámenes del carné de instalador de diferentes convocatorias y Comunidades. Debes saber que en cada Comunidad hay dos convocatorias cada año.
- 13. A través del buscador web, consigue enunciados de exámenes de la prueba de acceso a Ciclos Formativos de Grado Superior de diferentes convocatorias. Debes saber que hay dos convocatorias cada año, en Junio y en Septiembre.

test de Rebt

- 14. Realiza los siguientes test del REBT de las instrucciones ITC-BT 03 y 04.
1. Una instalación de generación de energía eléctrica a partir de energía solar a 400 Vcc para conexión a red podrá realizarla un instalador de categoría:
 - a) Categoría Especialista IBTB.
 - b) Categoría Básica IBTB.
 - c) Categoría especialista IBTE.
 2. Una instalación de lámparas de descarga de alta presión con tensión de 4,5 kV en una luminaria inaccesible con bornes en baja tensión a 230 V podrá realizarla un instalador de categoría:
 - a) Categoría Especialista IBTB.
 - b) Categoría Básica IBTB.
 - c) Categoría especialista IBTE.
 3. Un titulado de grado superior en Instalaciones Electrotécnicas con un año y medio de experiencia en una empresa de mantenimiento eléctrico, para obtener el certificado de cualificación individual deberá:
 - a) Realizar un examen teórico-práctico.
 - b) Realizar un examen práctico.
 - c) No deberá realizar ningún examen.
 - d) Realizar un examen teórico.
 4. Un Ingeniero Superior en electricidad con medio año de experiencia en una empresa de mantenimiento eléctrico para obtener el certificado de cualificación individual deberá:
 - a) Realizar un examen teórico-práctico.
 - b) Realizar un examen práctico.
 - c) No deberá realizar ningún examen.
 - d) Realizar un examen teórico.
 5. Una empresa instaladora eléctrica con 25 operarios en plantilla necesitará personal con Certificado de Cualificación Individual o Técnicos de Grado Superior en Instalaciones Electrotécnicas o Titulados en Escuelas Técnicas de Grado Medio o Superior con formación en el campo electrotécnico, en un número de:
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
 6. De las instalaciones de la siguiente tabla especifica si necesitan MTD o PROYECTO.

Instalación	MTD o PROY.	Instalación	MTD o PROY.
a) Vivienda de 5750 W		f) Taller de carpintería metálica 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	

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

PRÁCTICA PROFESIONAL

MATERIAL

- 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 de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Documentación para una instalación eléctrica de un edificio de viviendas

OBJETIVOS

Determinar la documentación necesaria y realizar parte de una Memoria Técnica de Diseño de un edificio de viviendas y el Certificado de instalación de una vivienda perteneciente a dicho edificio.

DESARROLLO

- Partimos inicialmente de si es necesario proyecto o memoria técnica de diseño, para ello consultamos la tabla del punto 3.1 de la ITC-BT 03 del REBT. Realizando dicha consulta, los edificios de viviendas pertenecen al grupo E, de forma que se debe realizar una previsión de potencia de todo el edificio.
- Los datos y los pasos a seguir son los siguientes:
 - Edificio de 3 plantas con 3 viviendas por planta de 90 m² más un garaje, y un local comercial ubicado en la planta baja.
 - Las viviendas son de grado elevado debido a que se prevé la instalación de aire acondicionado y secadora con una potencia por vivienda de 9200 W.
 - El instalador calcula la potencia total de todas las viviendas y a ésta le suma la previsión de potencia destinada a los Servicios Generales del edificio (ascensor, alumbrado de escalera, etc.), la potencia destinada al garaje y la potencia destinada al local comercial, obteniendo una potencia total de 95,06 kW.
 - Según este resultado al consultar la tabla del punto 3.1 ITC-BT 03 del REBT grupo E para potencias menores a 100 kW, dicho instalador podrá realizar la MTD según el modelo de la CA donde se ubique el edificio.
 - El instalador utilizará un modelo de la MTD por medios informáticos en una plantilla y lo cumplimentará. En dicha MTD cumplimentará los campos necesarios, es decir, los que correspondan según la instalación, en este caso la de un edificio de viviendas.

El paso siguiente es realizar los diferentes certificados de instalación, es decir, deberá cumplimentar uno por cada abonado con objeto de que la empresa de distribución realice el suministro eléctrico a los abonados. En este caso deberá realizar inicialmente 9 certificados (uno por cada vivienda), un certificado para los Servicios Generales (ya que éste cuenta como un abonado más) y un certificado para el garaje (ya que igualmente el garaje es independiente y tiene su propio contador). En cuanto al local comercial, al no tener instalación eléctrica y aún no se conoce su uso quedará como una nave diáfana y no se realizará certificado alguno.



↑ **Figura 3.8.** Proceso de tramitación de documentos.

1. En la figura se representa uno de los certificados de la vivienda 3º A del edificio construido. Como podemos apreciar, los datos del titular no son cumplimentados debido a que aún se desconoce el propietario que realizará la compra de la vivienda. De cada uno de los certificados se deben realizar cinco ejemplares: 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 al usuario de la vivienda, quedando dos en poder del instalador para el control y seguimiento de sus instalaciones. El usuario de la vivienda, en el momento en que decida realizar el contrato y la puesta en marcha, entregará un Certificado a la empresa de distribución, no pudiendo contratar en este caso más de 40 A.

Consejería de Economía y Trabajo
Dirección General de Ordenación Industrial Energía y Minas

Diligencia de la Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas
S. DE ORDENACIÓN INDUSTRIAL, ENERGÍA Y MINAS
E. DE ECONOMÍA

CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

Nº EXPEDIENTE: **BTX-R/0077/09**

La administración de la CA diligencia y registra el Certificado de Instalación, un ejemplar queda en su poder y los otros cuatro ejemplares diligenciados son devueltos al instalador

Aquí indicamos los datos de ubicación de la vivienda (en ningún caso deben quedar sin cumplimentar)

En esta casilla, se indicará el tipo de instalación, según el apartado 3 de la ITC-BT 04 (ver tabla 3.4). En este caso, se trata de una de las viviendas del edificio, por tanto grupo "F", viviendas unifamiliares

El instalador dará dos ejemplares al usuario o titular de cada una de las viviendas. Uno para él y otro para la empresa distribuidora, que en este caso será Endesa

Si realizas un simple cálculo: $I = 9200/230$, comprobarás que el usuario de la vivienda no podrá contratar más de 40 A

Este dato se obtiene de las verificaciones iniciales (ensayo de aislamiento realizado con el Megger). Mira la ITC-BT 19 punto 2.9-Tabla 3 verás que para una tensión nominal de la instalación menor a 500 V (en nuestro caso 230 V), se dará una tensión de 500 V y el Megger debe marcar una resistencia mayor o igual a 500 kΩ, en este caso obtenemos 3.500 kΩ con lo cual tenemos un buen valor. Recuerda que este ensayo inicial tiene por objeto verificar por entero el buen estado de los conductores y sus aislamientos ayudando a excluir cortocircuitos y derivaciones a tierra

Aquí se indicará la categoría del Instalador electricista (según el modelo de Certificado de cada CA). En este caso el Instalador es de categoría Especialista (ITBE) en las categorías 1 (automatización, gestión técnica de energía, etc), 6 (Locales con riesgo de incendio y explosión) y 7 (quirófanos)

Aquí indica que la instalación eléctrica ha sido realizada mediante MTD (dato que se especificará según el modelo del Certificado de cada Comunidad Autónoma)

Aún no se conoce el titular que realizará la compra de la vivienda en este supuesto, por tanto estos datos no se indican.

25 SEP 2009
Diligencia válida para contratar

En viviendas los diferenciales serán de 30 mA como máx. (mira la ITC BT 25 punto 2.1)

Este dato se obtiene de las verificaciones iniciales, en este caso del ensayo de medida de tierra realizado con el telurómetro, que es la resistencia de tierra de todo el edificio de viviendas

Datos del instalador que realiza la instalación y de la cual será responsable

TITULAR DE LA INSTALACIÓN		DNI-CIF:	
Nombre o Razón Social:		Código Postal	
Domicilio:		Teléfono:	
Localidad:	Provincia:	Correo electrónico:	
DATOS DE LA INSTALACIÓN			
Emplazamiento: C/Venezuela nº 12 3ªA			
Localidad:	Provincia:	Correo electrónico:	Código Postal
Mérida	Badajoz		06820
Uso al que se destina:	Superficie (m²):	Ocupación(1):	Tipo de instalación(2):
Vivienda	90		Grupo F (Edif. Viviendas unifamiliares)
Instalación:	<input checked="" type="checkbox"/> Nueva <input type="checkbox"/> Ampliación <input type="checkbox"/> Modificación		
Instalaciones temporales de ferias, exposiciones y similares:			
<input type="checkbox"/> Declaro que el montaje de la instalación se repite de forma idéntica, teniendo validez esta circunstancia(3) hasta (máximo 1 año):			
El número de expediente de la documentación técnica de diseño de la instalación es: -----			
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN			
Caja General de protección:			
I _N Bases (A): 250		I _N fusibles (A): 250 Poder de corte del fusible (kA): 50	
Linea General de Alimentación (4):			
Conductor	Sección fase/neutro	Mat. aislamiento	Pot. Máx. Admisible de LGA
Cu	120/70 (mm ²)	RZ1-K(AS)	157,4
Instalación(5): Unip. aisl. bajo tubo empotrado			
Derivación individual:			
Conductor	Secc. fase/neut/CP	Mat. aislamiento	Tensión asignada I _N fusibles(6):
Cu	16/16/16 (mm ²)	ES07Z1-K	450/750 (V) 40 (A)
Instalación(5): Unip. aisl. bajo tubo empotrado			
Tipo de suministro: <input checked="" type="checkbox"/> Monofásico <input type="checkbox"/> Trifásico Tensión suministro(V)(7): 2x230 Empresa distribuidora: ENDESA			
Pot. instalada o prevista (kW): 9,2		Pot. Máx. a contratar (kW)(8): 9,2 Pot. Máx. Adm. Deriv. Ind.(kW): 9,2	
Cuadro general de protección:			
Interruptor general de corte:		Protección contra Sobretensiones instaladas (5)(10):	
I _N (A): 40 Poder de corte (kA): 6		Categoría: -----	
Protecciones Diferenciales instaladas (10):			
Sensibilidad (mA): <input type="checkbox"/> 10 <input checked="" type="checkbox"/> 30 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/> Otras:		Protección contra Sobre intensidades instaladas (5)(10):	
		<input checked="" type="checkbox"/> Interrup. Automático de protección <input type="checkbox"/> Fusibles calibrados contra sobrecargas y cortocircuitos	
Sistema empleado para la protección contra contactos indirectos (11):		Conductores de tierra (4)(12):	
Interruptores Diferenciales		Conduct. de Cu 1x70 mm	
Resistencia de tierra (Ω)(4): 16		Resistencia aislamiento de la instalación (kΩ) 3500	
Organismo de Control Acredit. que ha realizado la Inspec. inicial (4): Refencia y fecha de la Inspec. Inicial Fav. realizada (4):			
----- Nº Acreditación: -----			
Empresa Instaladora Montajes Eléctricos JGM		Nº de registro:	
Instalador autorizado en baja tensión Juan Antonio González Martos		Nº Carné de instalador 06IBTE-00897777	Categoría-Especialidad (4) IBTE I, VI, VII
Fecha en la que el instalador autorizado que suscribe el presente certificado ha realizado las verificaciones correspondientes/segun la Reglamentación vigente de aplicación a la instalación eléctrica de baja tensión:			
El instalador autorizado en baja tensión que suscribe, inscrito en esta Dirección General y con número de carné de instalador autorizado para baja tensión arriba indicado, CERTIFICA haber ejecutado la instalación de acuerdo con las prescripciones del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones ITC-BT específicas que le son de aplicación, normas particulares de la empresa distribuidora oficialmente aprobadas y con el Proyecto Técnico Memoria Técnica de Diseño (táchese lo que no proceda).			
Mérida, a 16 de agosto de 2009			
Este dato se obtiene de las verificaciones iniciales, en este caso del ensayo de medida de tierra realizado con el telurómetro, que es la resistencia de tierra de todo el edificio de viviendas		MONTAJES ELECTRICOS JGM Instalador Nº 776890	

SERVICIO DE ORDENACIÓN INDUSTRIAL, ENERGÍA Y MINAS

↑ Figura 3.9. Ejemplo de Certificado de instalación eléctrica de Baja tensión, diligenciado por la administración, para una de las viviendas del edificio.

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

2. Basándote en el modelo de la figura 3.10, cumplimenta las casillas de la MTD de tu Comunidad Autónoma que corresponden al epígrafe **Carga total del Edificio destinado principalmente a viviendas**. Has de tener en cuenta que:

- Las viviendas tienen una potencia de 9,2 kW cada una.
- Los Servicios Generales cuentan con un ascensor de 4,5 kW, un alumbrado común de 1,2 kW y unos servicios de telecomunicaciones (ICT) de 3 kW.
- El garaje con 180 m² y ventilación forzada resulta con una potencia de 3,6 kW.
- El local comercial de 110 m² resulta con una previsión de potencia de 11 kW.

Este apartado no lo cumplimentamos debido a que únicamente se rellena en caso de ser una vivienda unifamiliar, con lo cual lo dejamos en blanco

Mira en la ITC-BT 10 punto 2.2. y podrás comprobar que a las viviendas de electrificación elevada se le asigna una potencia mín. de 9200 W

4.2. Previsión de potencia de vivienda unifamiliar								
Electrificación: <input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				Previsión de potencia (kW):				
¿Posee instalación o preinstalación de tarifa nocturna? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				¿Posee instal. o preinstal. de climatización? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
4.3. Carga total del Edificio destinado principalmente a Viviendas (1)								
Datos generales	Nº de plantas (incluido sótano)		5		Nº Total de otros locales (oficinas)			
	Nº total de viviendas		9		¿Incluye inst. o preinst. para climatización? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			
	Nº total de locales comerciales		1		¿Incluye inst. o preinst. para tarifa nocturna? <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO			
Viviendas	Nº de viviendas iguales	Superficie (m ²)	Tarifa nocturna (2)	Electrificación	Potencia prevista por vivienda (kW)	Totales (kW)		
	9	90	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input checked="" type="checkbox"/> Elevada	9,2	82,8		
			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				
			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				
			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				
			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				
			<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> Básica <input type="checkbox"/> Elevada				
	Carga prevista en vivi. sin tarifa nocturna:				Carga prevista en vivi. con tarifa nocturna:			
	Potencia media (kW): 9,2				Potencia media (kW):			
	Coeficiente de simultaneidad: 7,8				Coeficiente de simultaneidad:			
Total (kW) 71,76 (a)				Total (kW) (b)				
(A) Carga Total prevista en viviendas (kW) (a+b)						71,76		
Locales comerciales y oficinas	Nº de locales iguales	Superficie (m ²)	Carga prevista por local (kW)					
	1	110	11					
	(B) Carga Total prevista en locales (kW)						11	
Servicios generales	Servicio		Unidades	Superficie total (m ²)	Totales (kW)			
	Central de producción de calor							
	Central de producción de frío							
	Ascensores		1	----	4,5			
	Otros elevadores (Montacargas, elev. minusválidos, etc.)							
	Alumbrado portal, escaleras y espacios comunes		1	----	1,2			
	Garaje		1	180	3,6			
Grupos de presión								
Otros servicios (indicar): Equipos de TV e intercom.		1	----	3				
(C) Potencia total Prevista en Servicios generales (kW)						12,3		
CARGA TOTAL PREVISTA DEL EDIFICIO (A+B+C) (kW)						95,06		

Mira en la ITC-BT 10 del REBT en la tabla 1 para 9 viviendas el coef. de simultaneidad es 7,8 con lo cual el producto de 9,2 x 7,8 nos da la potencia total del conjunto de viviendas

Mira en la ITC-BT 10 punto 3.3. La potencia total del local se obtiene con el producto de la superficie por 100

(1) Para la determinación de la previsión de carga se seguirán las indicaciones de la ITC-BT 10.

(2) Se incluirán tanto viviendas que posean instalación completa como aquellas en las que se haya ejecutado la instalación eléctrica para atender a los acumuladores de calor pero no se hayan montado estos últimos.

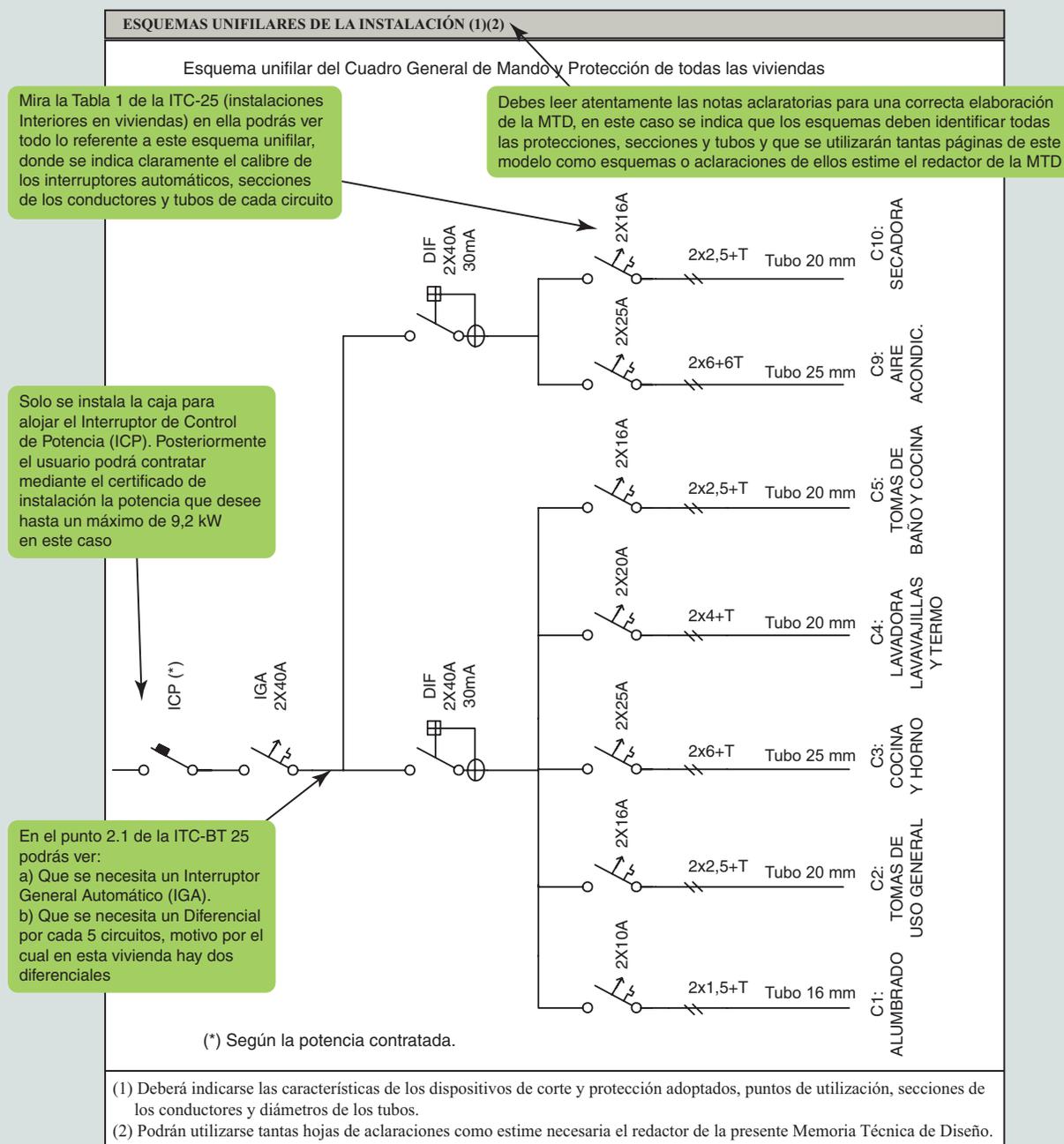
Como la previsión de potencia es menor de 100 kW, según la tabla 3 de la ITC-BT 04, la instalación no necesita proyecto

Mira en la ITC-BT 10 punto 3.4. La potencia total del garaje con ventilación forzada se obtiene con el producto de la superficie por 20

↑ **Figura 3.10.** Ejemplo de cumplimentación de la página de la Memoria Técnica de Diseño destinada a edificios de viviendas.

3. Dibuja el esquema unifilar del cuadro General de Mando y Protección de las viviendas. Para ello ve a la ITC-BT 25 en la cual podrás ver que una vivienda tiene siempre un mínimo de cinco circuitos (de C1 a C5), como en las viviendas del supuesto práctico se exige aire acondicionado y secadora, esta instalación tendrá 7 circuitos y en la tabla 1 de dicha instrucción se muestran las características de los dispositivos, conductores y tubos de cada circuito.

Sigue las instrucciones marcadas en la MTD de tu Comunidad para adjuntar dicho esquema. En algunas Comunidades se ofrece una página modelo donde deben dibujarse los diferentes esquemas, y en otras puede no existir página modelo, pero sí una referencia a la realización de dichos esquemas que se remitirán de forma adjunta a la MTD.



↑ **Figura 3.11.** Ejemplo de representación del esquema unifilar del cuadro general de Mando y protección de las viviendas del edificio incluido o adjunto en la MTD.

MUNDO TÉCNICO

Medios técnicos requeridos a los instaladores autorizados en Baja Tensión

Para todo instalador autorizado en baja tensión es obligatorio tener una serie de equipos exigidos para poder desempeñar su trabajo. Hasta ahora conocemos el telurómetro o medidor de tierra, el medidor de aislamiento o Megger y el medidor de luminosidad o luxómetro. Además de estos equipos, junto a las herramientas comunes utilizadas por los instaladores electricistas se requieren otros dispositivos que describiremos a continuación.

EQUIPOS DE MEDIDA



Mutímetro o tenaza

Este dispositivo es el polímetro o pinza amperimétrica con funciones de medida de tensión, intensidad y resistencia.



Medidor de impedancia de bucle

Este aparato de medida es una alternativa a la medida de resistencia de tierra sobre lugares donde es difícil la medida de ésta, permitiendo la medición en cualquier enchufe con toma de tierra o bien desde el mismo cuadro general de la instalación. En definitiva es un medidor de tierra rápido.



Analizador de redes, de armónicos y perturbación de red

Sirve para la medición de magnitudes eléctricas en la red de CA. Este medidor además de detectar las medidas "normales" de tensión, intensidad, frecuencia, potencia y energía, también indica, valores armónicos, interarmónicos y asimétricos, interferencias en la red como interrupciones, robos, sobretensiones temporales o transitorias son detectadas con sus valores correspondientes. Un ejemplo de utilización de perturbación lo podemos tener en el caso de una vivienda cerca de un centro de transformación, donde las tensiones pueden ser en determinados momentos elevadas, estos dispositivos pueden registrar y almacenar estos valores durante un cierto tiempo de periodo de prueba.

Equipo verificador de continuidad de conductores

Como ya sabemos, este dispositivo permite verificar cuando un conductor está partido, cuando hay conexión de conductores en bornes y para diferentes labores de mantenimiento. Dicho dispositivo está incluido en la mayoría de los polímetros fabricados para utilización en instalaciones eléctricas, éstos ofrecen un selector de escala de resistencia muy baja capaz de verificar una resistencia prácticamente nula en caso de continuidad ofreciendo en la gran mayoría de modelos un sonido acústico en caso de continuidad.



Medidor de sensibilidad de disparo de diferenciales

Los diferenciales traen por sí solos un pulsador de test para comprobar su funcionamiento, pero esto no es suficiente para verificar el correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales, para ello se utilizan estos equipos de medida capaces de verificar la característica Intensidad-tiempo.



Detector de tensión

Un detector de tensión es el denominado buscapolos, este dispositivo es necesario ya que en toda instalación debe quedar identificado el neutro de la fase, como ya sabemos, si conectamos el detector de tensión al conductor neutro, no se debe obtener tensión alguna, al contrario si éste es conectado a la fase donde si se obtendrá tensión.



Medidor de corriente de fuga

En condiciones normales la corriente por el conductor de tierra debería ser nula, sin embargo por múltiples causas tales como fallo de aislamiento, derivaciones, etc., puede haber una determinada corriente por el conductor de tierra. Los medidores de fuga son dispositivos capaces de medir unas corrientes muy pequeñas y las medidas se realizan midiendo la intensidad sobre el conductor de tierra, o bien abrazando los propios conductores activos.

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Un titulado en Instalaciones Eléctricas y Automáticas con 17 años podrá presentarse al examen del carné de instalador:
 - Verdadero.
 - Falso.
- El documento para obtener el permiso de puesta en marcha de una instalación se denomina Certificado de dirección de obra.
 - Verdadero.
 - Falso.
- Un instalador de categoría IBTE necesitará un seguro de responsabilidad civil de _____.
- Para poder ser instalador autorizado.
 - No se necesita local alguno.
 - Se necesita un local de 100 m² mínimo.
 - Se necesita un local de 25 m² mínimo.
- La verificación inicial de una instalación se realizará:
 - Después de la puesta en marcha de la instalación.
 - Antes de la puesta en marcha de la instalación.
- Una instalación de una piscina municipal cuya potencia es de 15 kW necesita:
 - Proyecto.
 - MTD.
- Un titulado de Grado Superior en Instalaciones Electrotécnicas sin experiencia profesional.
 - Necesita realizar un examen teórico-práctico.
 - Necesita realizar un examen práctico.
 - No necesita realizar examen alguno.
- Un garaje en sótano sin ventilación natural de 3 plazas necesita solo MTD.
 - Verdadero.
 - Falso.

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 en cuartos de baño
7. Representación esquemática de las instalaciones en viviendas

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado

MUNDO TÉCNICO

Automatización, confort y seguridad en las instalaciones domésticas

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 el montaje de una vivienda.



CASO PRÁCTICO INICIAL

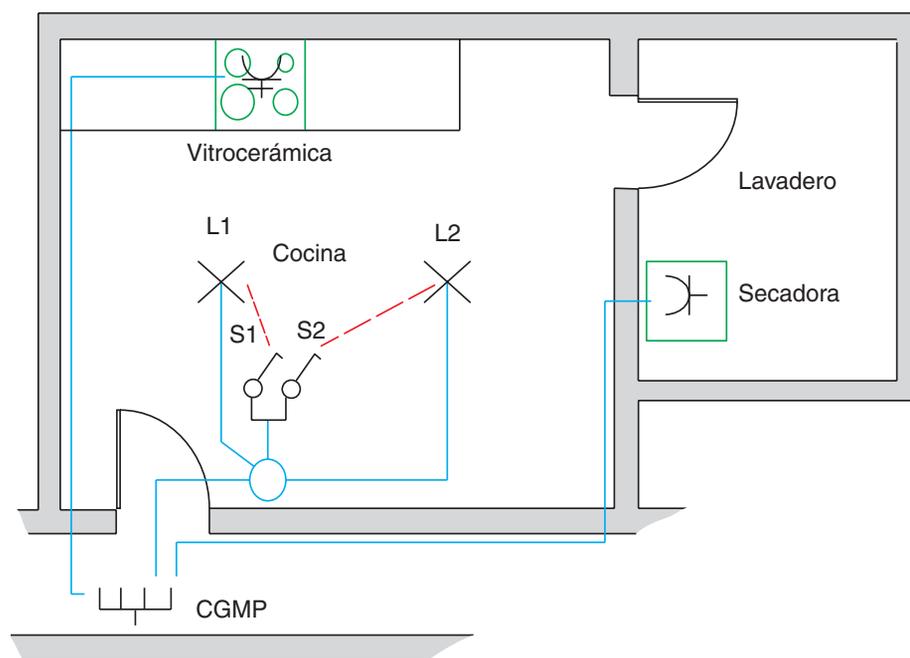
situación de partida

Un instalador electricista es avisado por un usuario para una reforma en la cocina y lavadero que se encuentra en obras de tal forma que:

- Se va a realizar una ampliación de la cocina que inicialmente tenía 8 m² a 12,6 m².
- El usuario quiere cambiar la cocina de gas por una vitrocerámica y un horno independiente.
- Y finalmente instalar una secadora en el lavadero.

Estudiado el caso por el instalador, éste debe decidir, al ser una reforma **importante** en la cocina, qué circuitos debe introducir para un correcto funcionamiento y cumplir a la vez con la reglamentación actual.

El instalador aprovechará que la cocina se encuentra en obras para señalar las rozas y canalizaciones que deba incluir para luego instalar los circuitos, protecciones y mecanismos que serán necesarios.



↑ **Figura 4.1.** Esquema topográfico de la reforma a realizar en la cocina y lavadero.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar a la primera pregunta. Después, analiza cada punto del tema con objetivo de contestar al resto de preguntas.

1. Ya sabes que existen en una vivienda diferentes circuitos, uno para alumbrado, otro para tomas de corriente, etc., ¿cuál crees que es el motivo principal de esta separación de circuitos?
2. Seguramente habrás oído hablar del diferencial y lo importante que es en cualquier instalación eléctrica. ¿A qué se debe dicha importancia y obligatoriedad de instalarlo en toda instalación eléctrica?
3. Basándonos en el caso propuesto inicial, ¿sería correcto poner dos puntos de luz en paralelo accionados por un mismo interruptor en la cocina?
4. Siendo una instalación antigua la de este caso, pero con una reforma **importante** en la cocina, ¿sería correcto conectar la vitrocerámica a una de las tomas que ya tiene la cocina?



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 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)

saber más

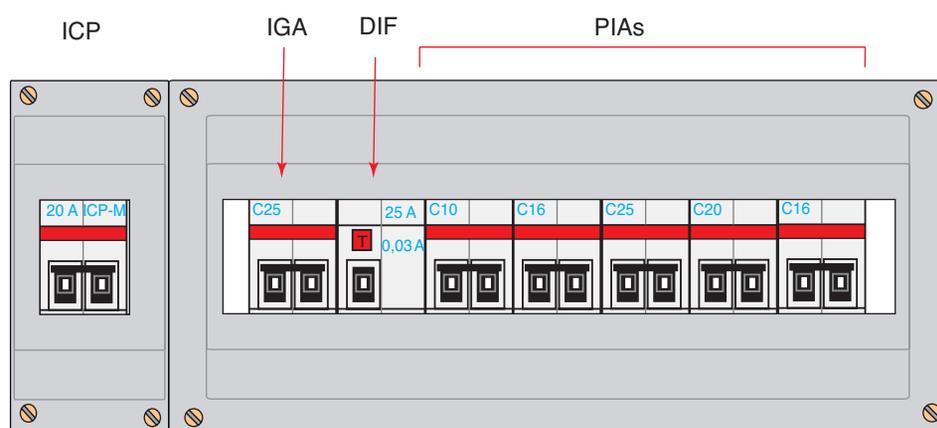
PIA (Pequeño Interruptor Automático): es un interruptor automático con las mismas características que un IGA, diferenciándose en la denominación para indicar que es un dispositivo que protege un solo circuito.

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 (PIAs) 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 por el conjunto de la vivienda, realizando el corte cuando el consumo supere la potencia contratada. Éste último 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 ésta se realice a través de una fuente de Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS).

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. El ICP se colocará en una caja inmediatamente antes de los demás dispositivos. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección, y será precintable, de forma que no se pueda manipular ni el ICP ni su conexionado. La instalación de estas cajas será también obligatoria en el caso de cambio de usuario o en caso de modificación de las características técnicas de la instalación, que requiera nuevo certificado de la misma. Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.



↑ 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 ésta supera la **sensibilidad** del diferencial, cortar la corriente para evitar un riesgo eléctrico antes de producirse el contacto con la masa del aparato.

Otra protección que ofrece es que si por accidente una persona entra en contacto con un conductor activo (**contacto directo**), el diferencial detectará la corriente que pasa a través del cuerpo de la persona y si ésta supera el valor de la sensibilidad de disparo el diferencial cortará de forma automática la alimentación.



↑ Figura 4.3. Interruptor Automático bipolar 2x10 A.



3. Grados de electrificación y previsión de potencia



↑ **Figura 4.4.** Interruptor Diferencial bipolar 2x40 A/30 mA.

Se establecen dos grados de electrificación en previsión de la potencia de las viviendas, dicha previsión depende, principalmente, del grado de utilización que se desee alcanzar. En relación al cálculo de potencia, hay que tener en cuenta cuántos electrodomésticos se pretende instalar en la vivienda, aunque como veremos más adelante, también influye el número de puntos de luz, tomas de corriente de uso general y superficie total de la vivienda. Los grados de electrificación definidos son **Básico** y **Elevado**.

El grado de electrificación y la previsión de potencia pueden ser definidos por el promotor, si nos referimos a un edificio de viviendas del que aún se desconocen las necesidades del usuario final, o por el propietario de la misma, pero evidentemente teniendo en cuenta lo dicho con anterioridad.

Toda instalación deberá llevar un Interruptor General Automático (IGA) de corte omnipolar para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos del conjunto de la instalación. Este interruptor 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 es limitar la potencia contratada. Así, si el usuario sobrepasa la potencia contratada, este dispositivo cortará el suministro eléctrico. Es evidente que el usuario podrá contratar la potencia que estime oportuna, con independencia de la potencia instalada, y siempre que la potencia a contratar 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 5.750 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 protegidos por un interruptor automático de corte omnipolar (con corte manual), además de dispositivos contra sobreintensidades para cada uno de ellos.

Los dispositivos de protección contra sobreintensidades 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 es necesario instalar en una vivienda un dispositivo general contra sobretensiones éste se ubicará entre el IGA y el diferencial, de forma que dicho dispositivo descargará a tierra las sobreintensidades 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.

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 del Diferencial para electrificaciones de grado básico serán las siguientes:

Potencia	Calibre del IGA	Calibre del DIF.
5.750 W	25 A	25 A
7.360 W	32 A	40 A

↑ **Tabla 4.1.**

caso práctico inicial

Para instalar una vitrocerámica se deberá añadir un circuito exclusivo denominado C3.

vocabulario

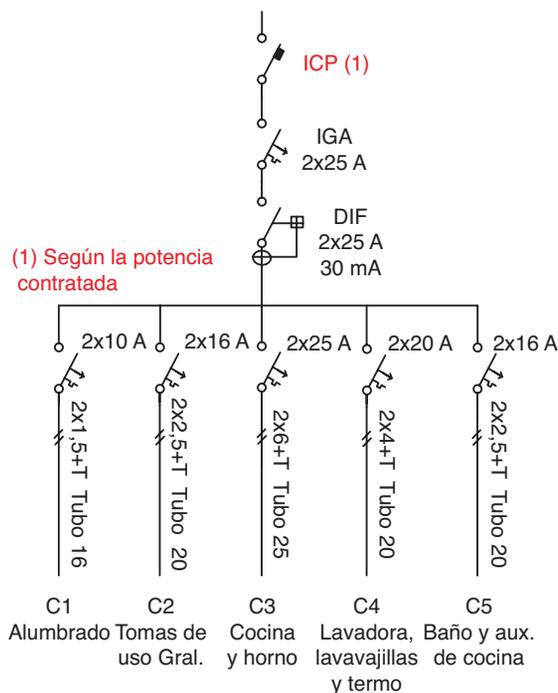
Se denomina corte omnipolar a los dispositivos que cortan todos los conductores de alimentación, es decir, las fases y el neutro.



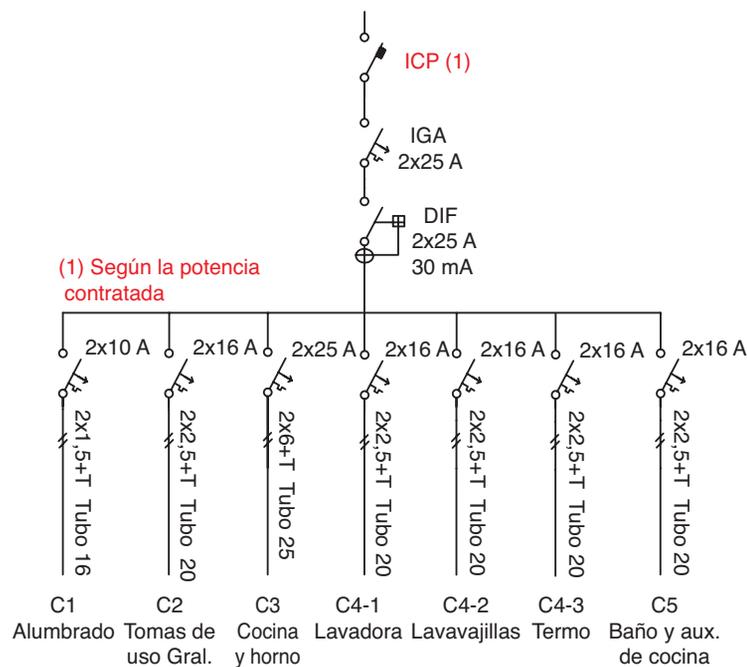
↑ **Figura 4.6.** CGMP de una vivienda de grado básico de 7630 W.

Las siguientes figuras muestran dos esquemas unifilares de una vivienda de grado básico. En la figura 4.7 se representan los 5 circuitos básicos indicándose con todo detalle el calibre de las protecciones, calibre y sensibilidad del diferencial, así como la sección de los conductores y el diámetro exterior de los tubos. Como se puede comprobar, el calibre del ICP no se indica debido a que se desconoce, ya que su valor dependerá de la potencia a contratar por el usuario; ahora bien, el calibre del ICP de la instalación que muestra la figura nunca será superior a 25 A (5.750 W).

La figura 4.8 es una variante de la anterior en la cual el circuito C4 de 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. Aunque no esté prevista la instalación del termo eléctrico, se instalará su toma de corriente, quedando disponible para otros usos, por ejemplo, instalación de una caldera de gas.



↑ **Figura 4.7.** 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 4.8.** 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, por ejemplo, todas las intensidades de los diferentes circuitos del esquema de la figura 4.7 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 lo que se denomina **simultaneidad**, es decir, en viviendas no es previsible que todos los circuitos estén funcionando a la vez y al máximo de potencia en cada circuito.

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 de 12 puntos cada uno, y si tenemos, por ejemplo, 18 tomas de uso general (< 20) en dos circuitos de 9. En tal caso:

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

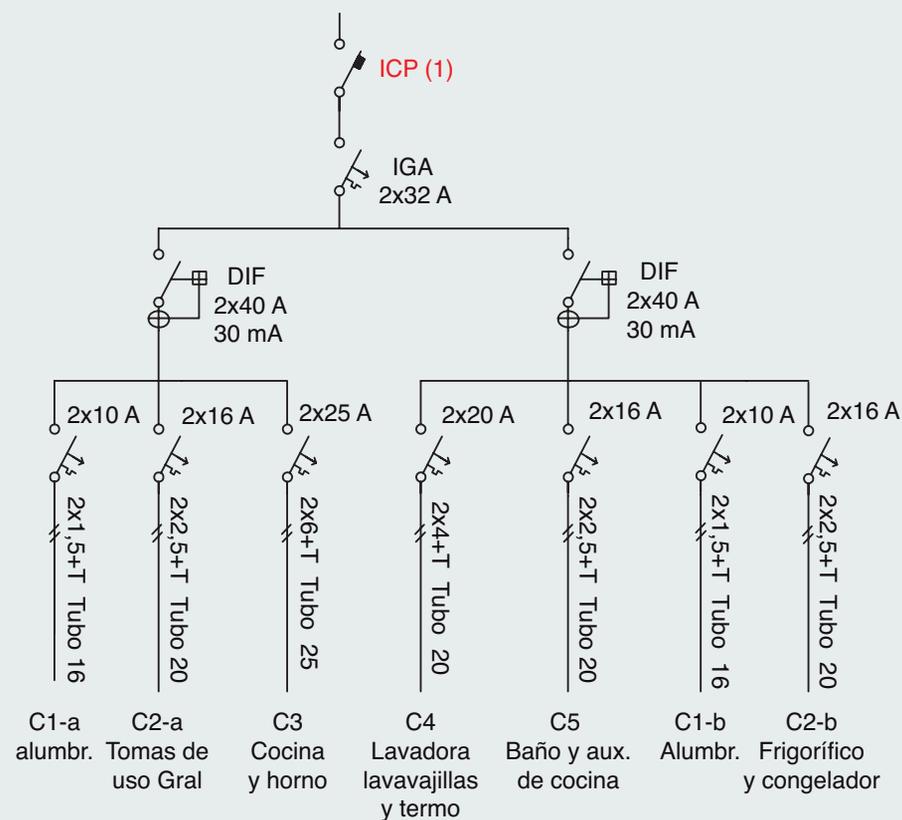
EJEMPLO

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

- 28 puntos de luz.
- Y se requiere separar el frigorífico + congelador (que, como sabemos, pertenece al circuito C2) del resto de tomas.

Solución

Como vemos, el número de puntos de luz no supera los 30 puntos, pero se quieren desdoblar de forma que se asignan 14 puntos de luz a un circuito C1-a y otros 14 puntos de luz a un circuito C1-b. De igual forma se usará una toma exclusivamente para el frigorífico C2-b y el resto para las demás tomas de usos generales C2-a teniendo en cuenta que para C2-a únicamente podremos instalar 18 tomas ya que 2 tomas han sido asignadas, una al frigorífico y otra a un congelador. El esquema lo podemos ver en la figura 4.10.



(1) Según la potencia contratada

↑ **Figura 4.10.** 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 7.360 W).

saber más

En instalaciones domesticas las instalaciones se realizan inicialmente bajo tubo empotrado utilizando tubos corrugados cuyo estriado hace que éstos 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, para ampliaciones con el fin de evitar obras se utilizan canaletas, molduras o cables fijados directamente sobre las paredes.



↑ **Figura 4.9.** Tubo corrugado y canaleta.

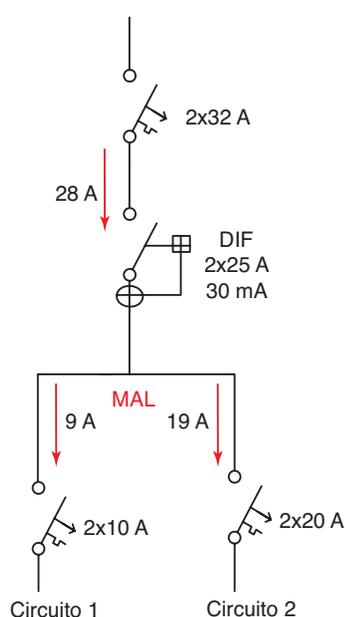
En cuanto al diámetro de los tubos en montaje empotrado para viviendas se utilizan normalmente tubos de diámetro exterior de 16, 20 y 25 mm.



recuerda

Que el diferencial no dispara 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 4.11, 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 4.11. Diferencial no protegido.

3.2. Electrificación Elevada

En el caso de viviendas con una previsión de electrodomésticos importante puede obligar a instalar uno o más circuitos adicionales a los de grado básico, tales como calefacción eléctrica, aire acondicionado, automatización, gestión técnica de energía y seguridad, cuando la superficie útil de la vivienda supere los 160 m², cuando se instalen más de 20 tomas de corriente o bien cuando el número de puntos de luz de la vivienda sea mayor de 30. 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 siguientes 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 ésta.
- C9: Circuito de aire acondicionado, cuando exista previsión de éste.
- C10: Circuito de instalación para una secadora independiente.
- C11: Circuito de alimentación de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía, y de seguridad, cuando exista previsión de éste. 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 puede 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. Por otro lado están los sistemas de seguridad destinados a centrales contra robo e intrusión asociadas a detectores de presencia de apertura de puertas, etc., así como sistemas de detección de gases, humos, 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.

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

Potencias y calibres

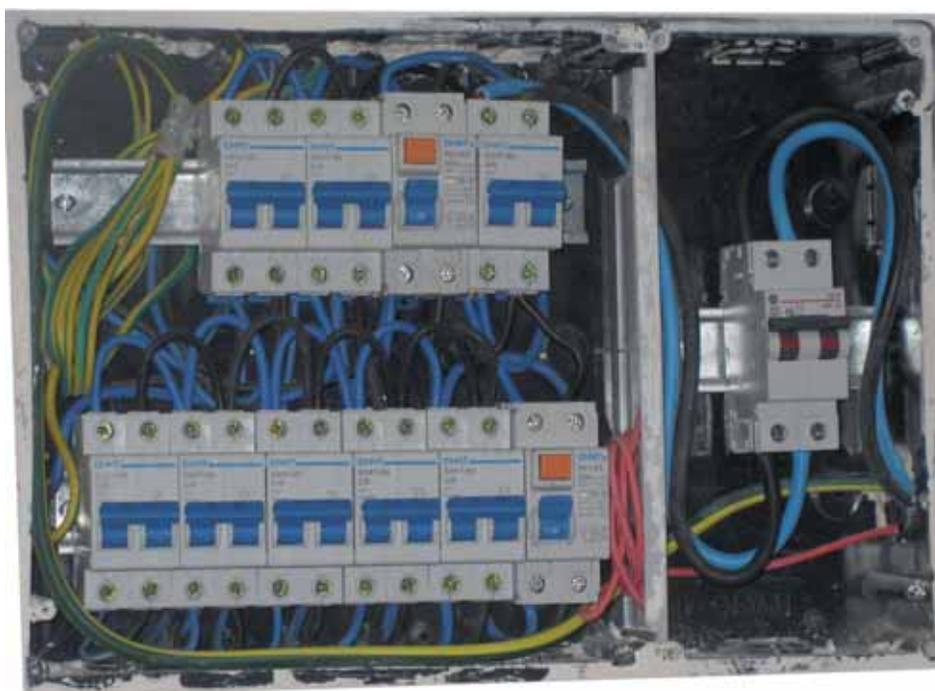
Las potencias, calibre de IGA y de diferenciales para electrificaciones de grado elevado serán las siguientes:

Potencia	Calibre del IGA	Calibre del DIF.
9.200 W	40 A	40 A
11.500 W	50 A	63 A
14.490 W	63 A	63 A

↑ Tabla 4.2.

El calibre de los diferenciales, como se dijo en su momento, debe soportar la corriente máxima del interruptor automático con el que está en serie para que así pueda este último proteger al diferencial, por tanto, en cualquier instalación los calibres de éstos pueden ser diferentes a los indicados en la tabla 4.2.

Supongamos un ejemplo, si se coloca un diferencial exclusivamente para el aire acondicionado y si el calibre del automático del circuito de aire acondicionado es de 25 A, el calibre del diferencial puede ser también de 25 A. Esto se puede ver en el esquema de la figura 4.13, en la cual podemos apreciar como no es necesario un diferencial de 40 A para el circuito de aire acondicionado, debido a que éste al encontrarse exclusivamente en serie con el interruptor automático de protección para el aire acondicionado queda protegido por este último.



↑ **Figura 4.12.** Cuadro general de mando y protección de una vivienda de grado elevado.

Esquemas unifilares

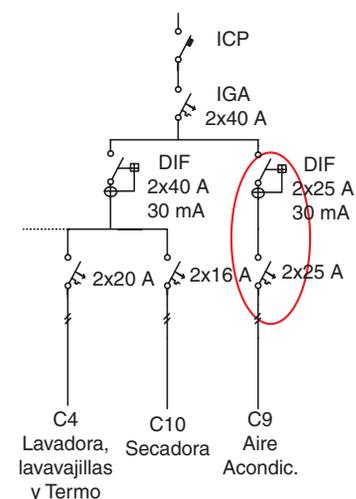
La figura 4.14 representa un esquema unifilar de un Cuadro General de Mando y Protección de una vivienda de grado elevado en la que se prevén además de los circuitos básicos, un circuito adicional de C2 (C7), un circuito para aire acondicionado (C9) y un circuito para una secadora (C10). Como vemos, 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.

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. Es decir, una instalación de grado básico, por ejemplo, no tiene por qué tener un solo diferencial, sino que dependiendo de sus características puede tener dos o más diferenciales según se estime necesario.

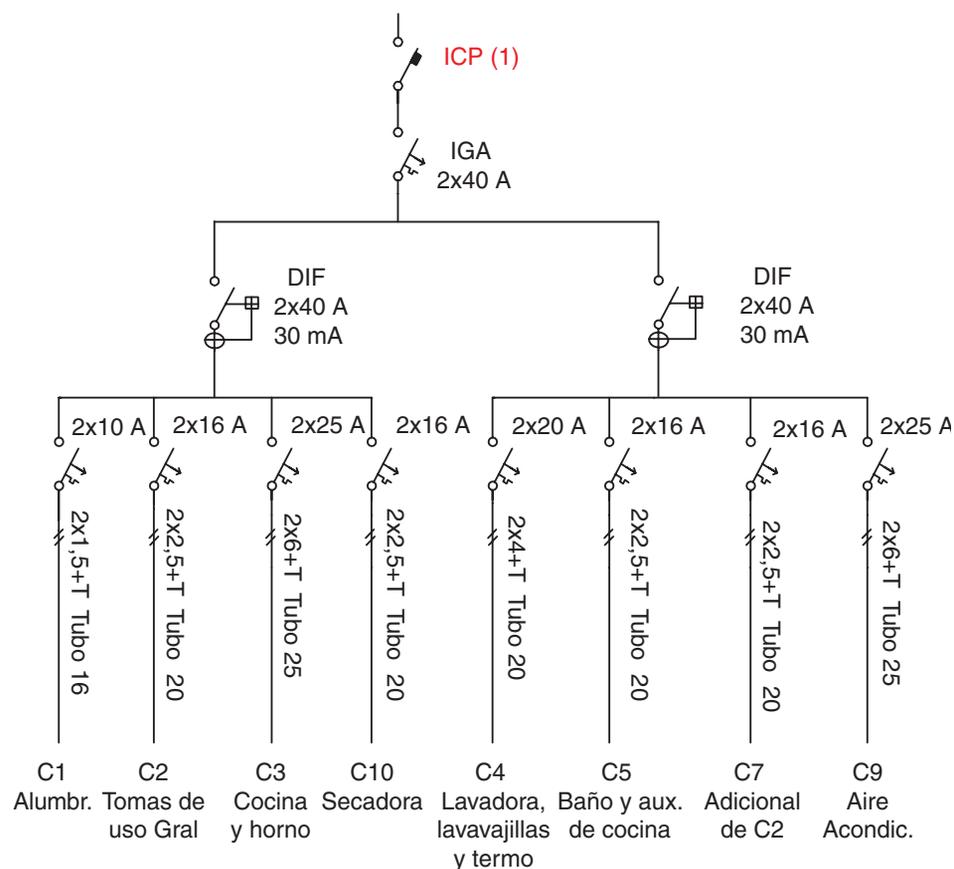


↑ **Figura 4.13.** Diferencial protegido por el PIA del circuito.

caso práctico inicial

Se trata de un cambio significativo en la instalación con lo cual tendremos en cuenta la reglamentación actual. En una instalación en la cual se va a instalar una vitrocerámica y horno independiente se instalará en el CGMP un PIA de 25 A, se canalizarán tres cables de 6 mm² (Fase + Neutro+ TT) en un tubo de 25 mm de diámetro para las dos tomas y para la secadora se instalará un PIA de 16 A y se canalizarán tres cables de 2,5 mm² (Fase+ Neutro + TT) en un tubo de 20 mm.

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



(1) Según la potencia contratada

↑ **Figura 4.14.** 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

1. 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 un número de tomas de corriente para baño y cocina de 8.
2. En la siguiente tabla identifica el grado de electrificación de la vivienda y 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.		

4. Características eléctricas de los circuitos en viviendas

El reglamento establece, como hemos visto en los esquemas anteriores, la denominación de cada circuito, las secciones de los conductores, pero la sección mínima está calculada para un número limitado de puntos de utilización, de forma que de aumentarse el número de puntos de utilización, será necesario la instalación de circuitos adicionales. Ahora bien, en una vivienda pueden instalarse circuitos no reflejados por el reglamento, en tal caso se deberá realizar el cálculo de la sección y calibre de los automáticos para dichos circuitos teniendo en cuenta que la caída de tensión máxima en instalaciones de viviendas para cualquier circuito no debe ser superior al 3% de la tensión nominal, es decir, la pérdida de tensión desde el CGMP hasta el punto final de dicha línea no puede ser mayor de 6,9 V a 230 V (3% de 230 V).

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⁾	Tubos o conducto Diámetro (mm) ⁽³⁾
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

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

⁽²⁾ La Potencia máxima permisible por circuito será de 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.

↑ **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, cuya interpretación es la siguiente:

- **Circuito de utilización:** nos indica los circuitos reglamentados a los cuales se les debe aplicar las características que describiremos a continuación.
- **Potencia prevista por toma:** para entender esto pongamos un ejemplo de la tabla. Para el circuito de alumbrado determina 200 W en cada punto de luz, que es la máxima potencia que se estima para cada uno de los puntos de luz de la vivienda.
- **Factor de simultaneidad (Fs):** evidentemente, es lógico pensar que no todas las tomas o puntos de luz, por poner un ejemplo, estarán siendo utilizadas al mismo tiempo, por tanto la tabla estima un factor de simultaneidad para cada circuito, por ejemplo, para alumbrado estima 0,75, lo que indica que podrán estar un 75% de puntos de luz de la vivienda encendidos. 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 accionados.
- **Factor de utilización (Fu):** este factor nos indica el porcentaje de potencia que se hace de cada punto de utilización, por ejemplo, para las tomas de uso general se estiman 3.450 W por toma, sin embargo una toma puede estar haciendo un uso menor de los 3.450 W, 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, por ejemplo para los circuitos de uso general 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). Para el circuito de alumbrado, esto es importante, deberá incluir el circuito siempre un conductor de tierra de forma que si el punto de alumbrado es plafón, luminaria, etc., deberá conectarse al conector de tierra que dispone dicha luminaria.

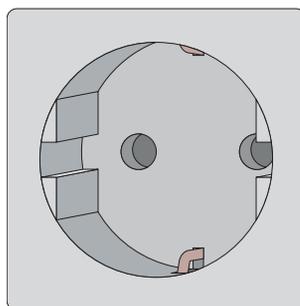
saber más

Según la Guía Técnica

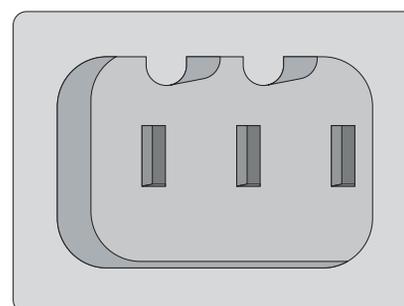
Si vemos el punto 7 de la tabla 4.3 (Tabla 1 de la ITC-BT 25), nos indica que para las tomas de corriente de 16 A 2p+T y las tomas de 25A 2p+T se nos remite a la norma **UNE 20315** donde se encuentran las figuras de ambas tomas (figuras C2a y figura ESB-25-5A). En la guía técnica nos aclara cuáles son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



↑ **Figura 4.15.** Representación de la figura C2a de la norma UNE 20315.



↑ **Figura 4.16.** 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.
- **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, deberá realizarse un circuito adicional, como vimos anteriormente. Si

el número de tomas de alumbrado sobrepasa los 30 puntos de luz, deberá crearse un circuito adicional, que como sabemos es C6, pasando una vivienda si es de grado básico a elevado, en el caso de que fuese de grado elevado, simplemente tendría un circuito más.

- **Mínima sección de conductores:** es la sección mínima del circuito, pero esto no indica que sea siempre la sección de este circuito, puede darse el caso que en longitudes muy largas la caída de tensión nos obligue a subir la sección de dicho conductor.
- **Diámetro del tubo:** nos indica el diámetro exterior que deben tener los tubos en mm para cada uno de los circuitos.

EJEMPLOS

■ 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:

$$\text{Potencia} = 30 \text{ puntos} \cdot 200 \text{ W/punto} \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 2.250 \text{ W}$$

Ahora bien:

$$I = \frac{2.250}{230} = 9,78 \text{ A}$$

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:

$$\text{Potencia} = 34 \text{ puntos} \cdot 200 \text{ W/punto} \cdot 0,75 \cdot 0,5 = 2.550 \text{ W}$$

Siendo la intensidad de:

$$I = \frac{2.550}{230} = 11,08 \text{ A}$$

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 sección para alumbrado seguirá siendo como mínimo de 10 A y de 1,5 mm² respectivamente.

caso práctico inicial

La toma a instalar para la vitrocerámica y para el horno debe ser la representada en la figura 4.16 de 25 A 2p+T, y para la secadora será de 16 A 2p+T según muestra la figura 4.15 (tipo schuko).

saber más

Según el REBT

En la ITC-BT 19 punto 2.10 de dicha instrucción se especifica que las bases de corriente de las figuras C1a, recogidas en la norma UNE 20315, solo podrán comercializarse e instalarse para reposición de las ya existentes. En ningún caso podrán colocarse en instalaciones nuevas, en ampliaciones, en modificaciones ni reparaciones de importancia de las instalaciones ya existentes.



↑ **Figura 4.17.** Base bipolar sin contacto de TT 10/16A tipo C1a según la norma UNE 20315.



5. Puntos de utilización

Los puntos de utilización son los descritos en la tabla 4.4 (Tabla 2 de la ITC-BT 25), la cual nos indica los puntos mínimos que se instalarán en cada estancia de una vivienda.

Estancia	Circuito	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/commutador 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) uno 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)

⁽¹⁾ En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, y 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.

↑ **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 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

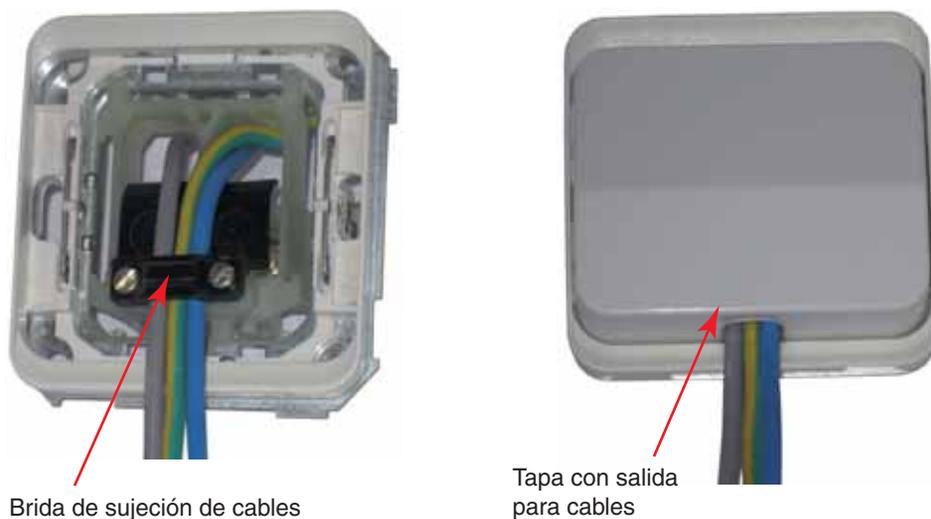
La tabla viene definida por estancias (acceso, vestíbulo, salón, dormitorios, cocina, etc.), por el circuito a conectar en cada estancia, el número mínimo de puntos de utilización de cada circuito en dicha estancia, y el cálculo por superficie o longitud según el tipo de estancia y de puntos de utilización 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, únicamente se distribuirá a los puntos donde se ubiquen los equipos de climatización.

En definitiva pueda 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 mecanismo con una simple tapa «ciega» o con tapa para salida de cables.



↑ **Figura 4.18.** Caja de mecanismos con tapa para salida de cables.

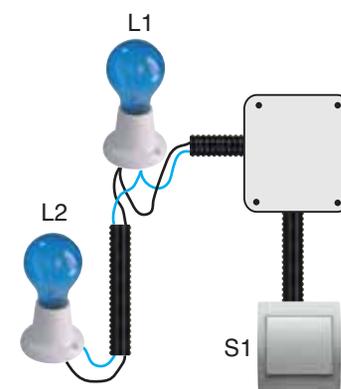
No se podrán instalar bases de corriente, ni sobre la encimera de la cocina o cocción ni sobre el fregadero, debiendo estar distanciadas de éste último 50 cm como mínimo.

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, cruzamientos, telerruptores y cualquier otro dispositivo de accionamiento de puntos de luz.

caso práctico inicial

Se realiza una reforma en la cocina, en ella se instalan dos circuitos adicionales que no existían antes (C3 y C10). Como las dimensiones de la vivienda van a crecer significativamente, será conveniente instalar un mínimo de dos diferenciales de 2x40 A/30 mA y un IGA mínimo de 40 A, así como añadir un punto de luz más en la cocina: no solo por superar ésta los 10 m², sino para lograr una correcta distribución de luz en la cocina.

Este cambio puede que afecte a la potencia contratada inicialmente debido al consumo de dos electrodomésticos nuevos, en caso de necesitar más potencia será necesario cambiar el ICP.



↑ **Figura 4.19.** En instalaciones domésticas dos o más lámparas en paralelo se considera como un único punto de luz.



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.

En cuanto a las tomas destinadas a los receptores de TV y aparatos asociados a él, tales como DVDs, 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

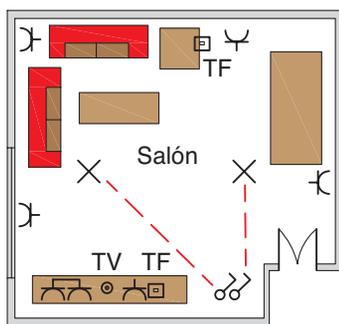
El REBT pretende fijar los puntos mínimos que debe tener una vivienda, desde el punto de vista de seguridad eléctrica. Es decir, evitar así en todo lo posible el abuso de la utilización de los conectores multivías, prolongadores, etc., para alimentar receptores en una estancia. Sin embargo, el incremento 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 tenga 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 dúplex, se situará un CGMP en cada planta, de manera que los circuitos de cada planta 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	Superf./longitud	Nº aconsejado
Punto de luz	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 ó 2
Interruptor	1 por cada punto de luz	—
Toma de calefacción eléct. (*)	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 ó 2
Toma de aire acondicionado (*)	1 hasta 10 m ² (2 si S > 10 m ²)	1 ó 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.



↑ **Figura 4.20.** Ejemplo de instalación de puntos de utilización para el confort en un salón.

Como podemos ver, hay diferencias con el número de tomas establecido en el RETB, 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 ó 3 tomas, por ejemplo para la TV y sus equipos relacionados, para evitar el abuso de clavijas multivías, y una toma para el equipo de música.

EJEMPLO

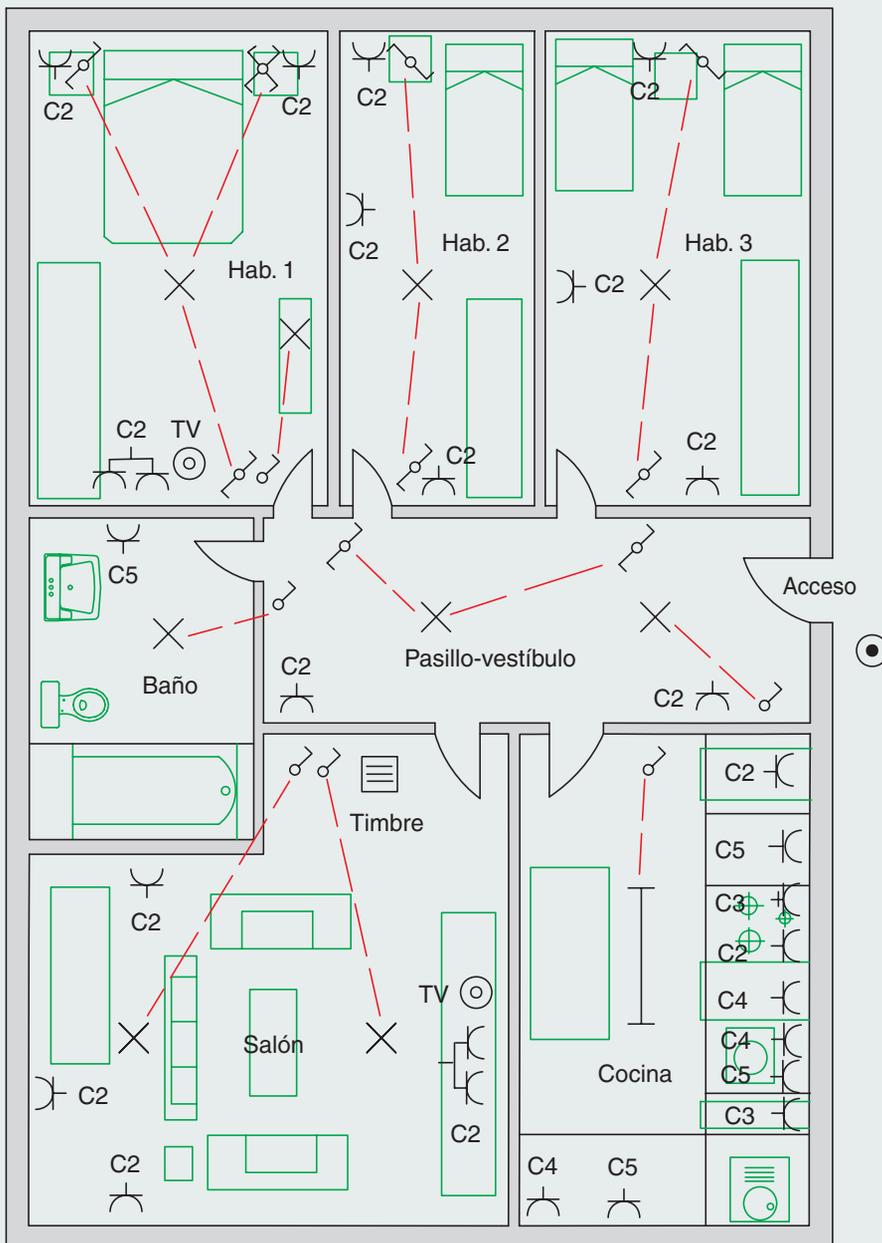
Un instalador electricista debe determinar el número de puntos de utilización en cada estancia de una vivienda de Grado Básico, siendo las estancias, y sus superficies o longitudes las siguientes:

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 (vitrocerámica).

Solución

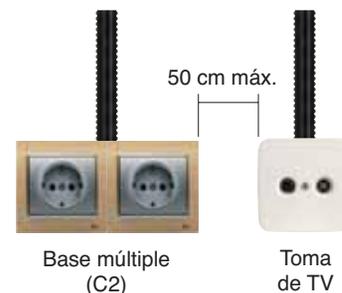
Como la vivienda es de grado básico, los circuitos a tener en cuenta serán C1, C2, C3, C4 y C5, determinaremos entonces las tomas y puntos de luz que debe tener cada estancia.



↑ Figura 4.21.

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.



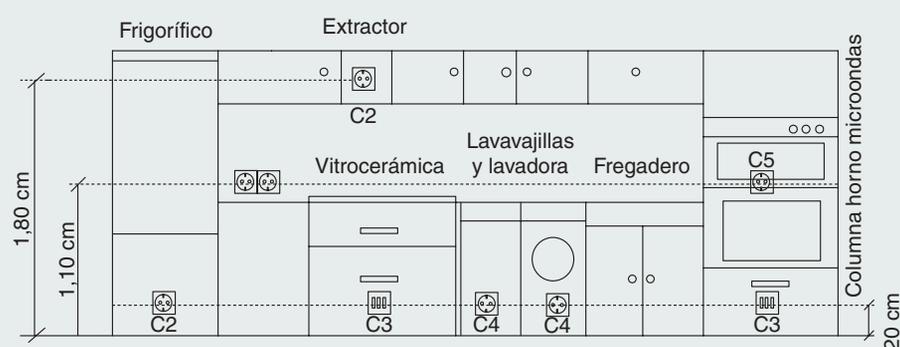
recuerda

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

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, siendo la longitud de 4 m y debido a una distribución racional se instalarán dos puntos de luz y dos tomas de C2.
Salón	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> En cuanto a los puntos de luz se instalará uno en las habitaciones 2 y 3 debido a que no superan los 10 m², sin embargo se instalarán dos puntos de luz en la habitación 1 por tener una superficie mayor a los 10 m². Para establecer el número de tomas de corriente de C2 se debe tener en cuenta igualmente la superficie, de forma que se instalará una toma por cada 6 m², si se realiza el cálculo para todos los dormitorios habrá que instalar dos tomas en las habitaciones 2 y 3, y tres tomas en la habitación 1, ahora bien como el reglamento especifica un mínimo de tres tomas, se instalarán tres bases de enchufe, en cada una de las habitaciones.
Cocina	<ul style="list-style-type: none"> 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 4.23.** Detalle de ubicación de bases de enchufe en la cocina.

Como vemos en la figura 4.23, 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.

6. 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. En dicha instrucción se definen 4 volúmenes.

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

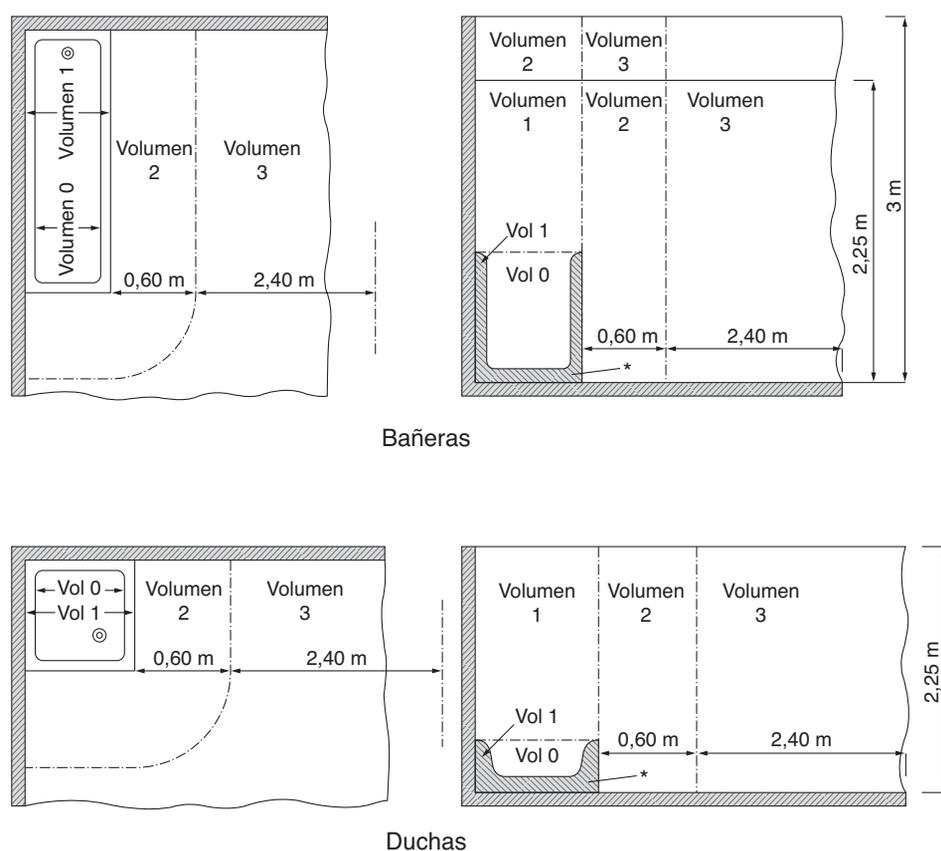
Teniendo en cuenta estos volúmenes, las prescripciones a tener en cuenta en estas instalaciones son las siguientes:

- 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.

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 .



↑ **Figura 4.24.** Clasificación de volúmenes en bañeras y duchas.



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, por ejemplo, para evitar que una derivación en el circuito C2 haga saltar el alumbrado de la vivienda, sería conveniente asociar el circuito C1 a un diferencial diferente. Igualmente para evitar apagones intempestivos en equipos informáticos se podría instalar un circuito adicional (por ejemplo denominado C13) para alimentar estos equipos.

En las instalaciones en viviendas los esquemas a realizar son básicamente dos, el esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección y el esquema de distribución en planta o topográfico.

El esquema unifilar del CGMP es esencial, ya que nos permitirá identificar claramente cada uno de los circuitos, así como el calibre, secciones y diámetro exterior de los tubos de cada uno de los circuitos. En cuanto al esquema de distribución en planta nos dará una idea de la ubicación de cada uno de los mecanismos dentro de la vivienda, así como los puntos de accionamiento de las diferentes lámparas desde interruptores y/o conmutadores.

EJEMPLO

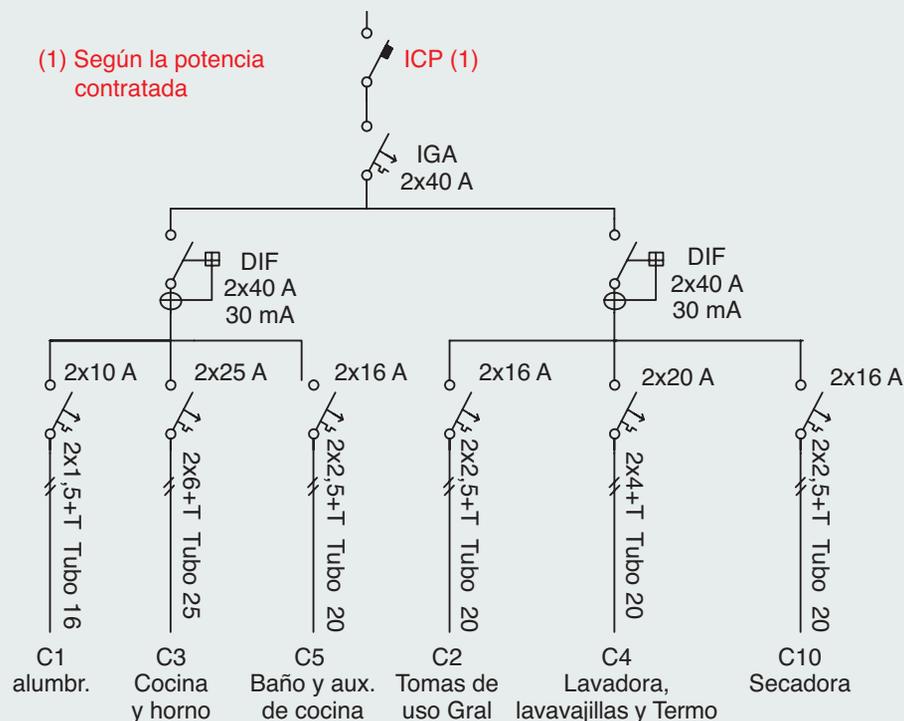
En la instalación de una vivienda la promotora decide que, además de los electrodomésticos de uso general, lleve un circuito para secadora. Las estancias, superficies y longitudes son las siguientes:

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 de distribución en planta, señalando los puntos de utilización correspondientes.

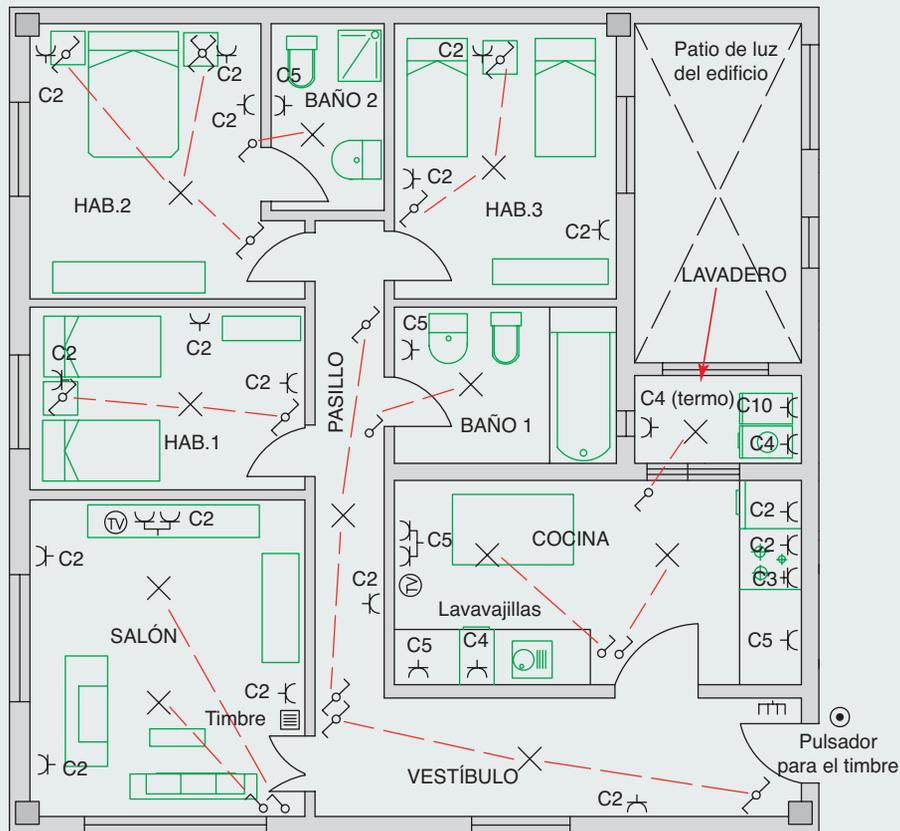
Solución

El grado de electrificación será elevado al incorporar el circuito de secadora, motivo por el cual debemos prever una potencia mínima de 9200 W, un IGA de 40 A, y dos diferenciales de 40 A/30 mA, siendo la representación del CGMP la siguiente:



↑ Figura 4.25. Esquema unifilar del CGMP de la vivienda.

El esquema topográfico es el siguiente:



↑ **Figura 4.26.** 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:

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

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 se considera como una a efectos de número de tomas.

2. En salón y cocina hemos tenido que instalar dos puntos de luz debido a la superficie, ya que según el reglamento a partir de 10 m² hay que colocar dos puntos de luz.
3. Finalmente ubicamos una toma C10 para la secadora en el lavadero.
4. Es importante la señalización de los mecanismos que accionan un 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 punto de luz. Así como la indicación del circuito al cual pertenece cada toma de corriente.

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 oblique a subir la sección.

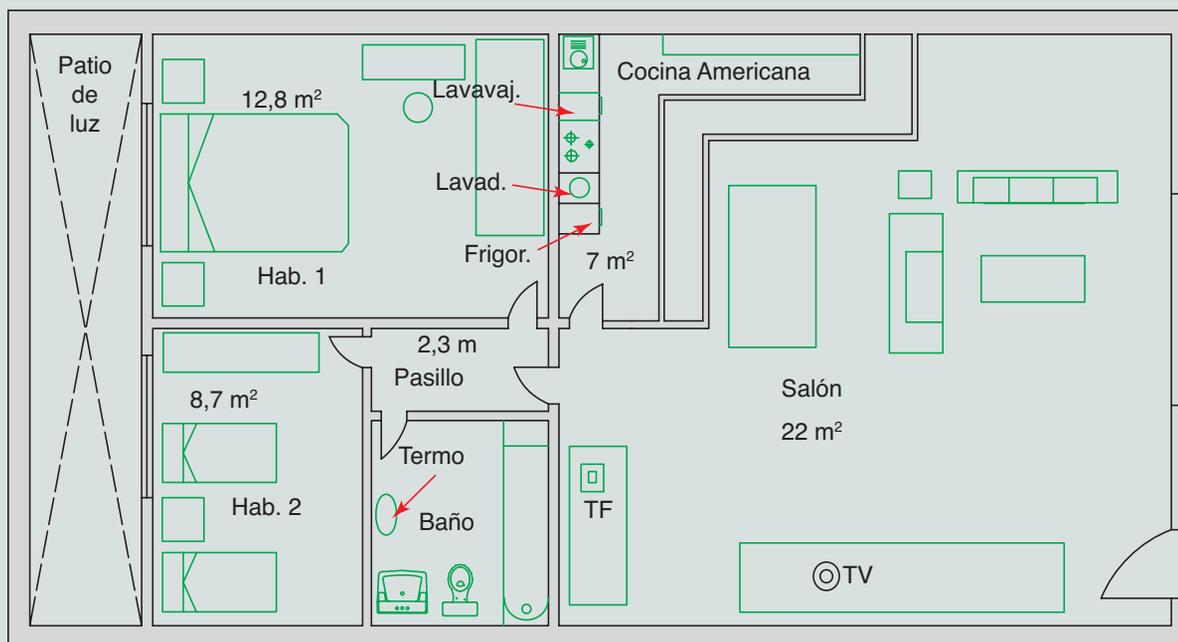
Por otro lado pueden existir circuitos no determinados, en los cuales será necesario la realización de cálculos para determinar las secciones, protecciones, y tubos.

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, sistema de seguridad y además tiene un total de 24 tomas de corriente destinadas a uso general.
- 2. Realizar la Práctica Profesional de esta unidad.
- 3. La figura 4.27 representa el esquema topográfico de un pequeño apartamento con cocina americana. Se pide:

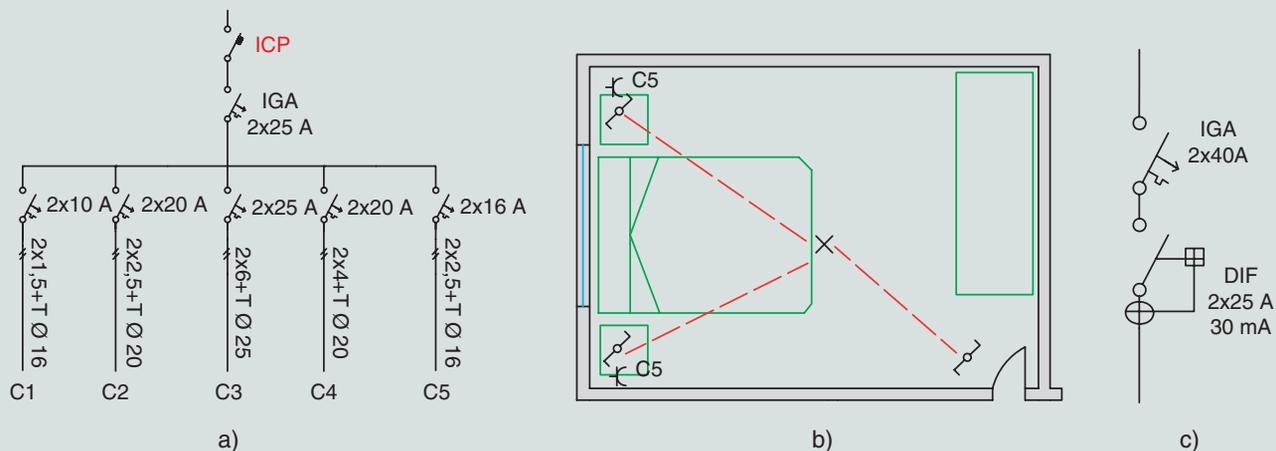
Se pide:

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



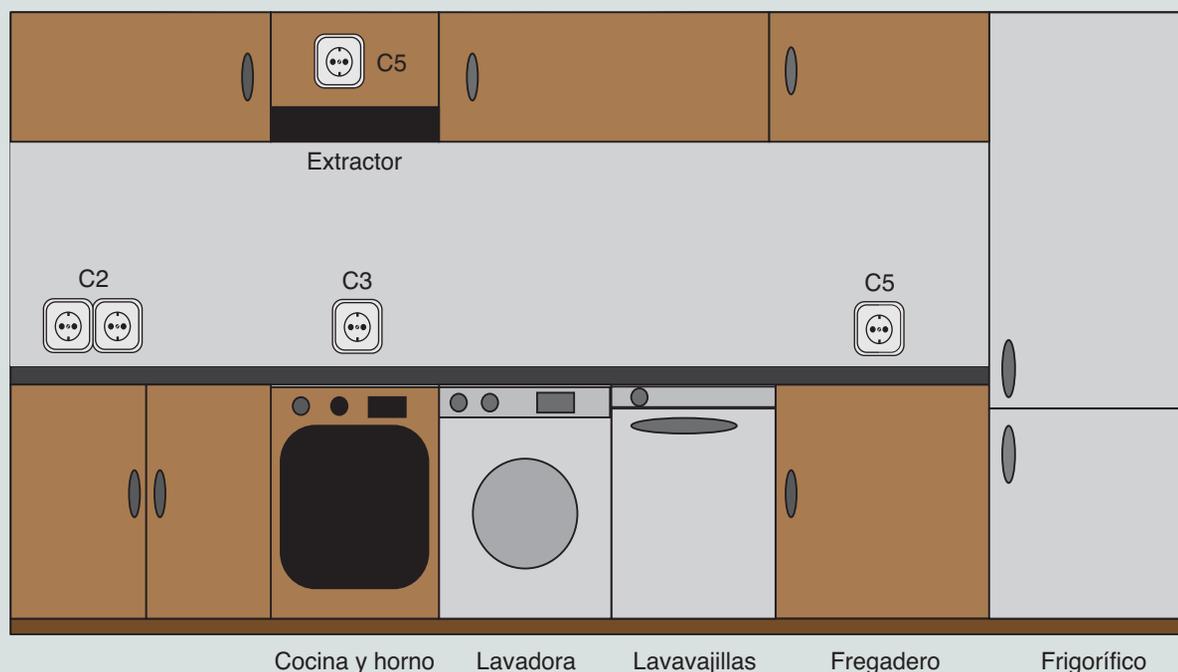
↑ Figura 4.27.

- 4. Identifica los fallos de los siguientes esquemas razonando la respuesta.



↑ Figura 4.28.

- 5. En la actividad anterior dibuja el esquema correcto de cada uno de los tres casos.
- 6. Busca en la Guía Técnica de Aplicación (Guía BT 25) el resto de tablas de consejos para el confort de las instalaciones y realiza una tabla de comparación con los puntos de utilización recogidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- 7. Igual que en la actividad 4, determina los fallos, en este caso, en la cocina de una vivienda, razonado la respuesta.



↑ Figura 4.29.

- 8. En una vivienda de grado básico de 5750 W, un usuario realiza una reforma construyendo una planta superior, de tal forma que el número de tomas de C2 totales en la vivienda sea 25, el número de puntos de luz sea de 28 y el número de tomas de C5 sea de 8, además se instalará aire acondicionado. Se pide dibujar el nuevo esquema unifilar del CGMP que deberá tener la vivienda.
- 9. Representa el esquema unifilar del CGMP de tu vivienda. En el caso de que no esté incluido en los grados básico o elevado de electrificación del nuevo REBT, diseña un nuevo esquema unifilar atendiendo a los receptores que posee tu vivienda.

entra en internet

- 10. Si no posees la edición de febrero de 2007 de la Guía Técnica de Aplicación, a través del buscador web búscala y obtén la Guía BT-51 en la cual se hace referencia a las instalaciones de automatización, gestión técnica para la energía y seguridad para viviendas. En ella se especifican claramente los significados de los términos a los cuales hace referencia el circuito C11 destinado a alimentar los sistemas de control de estas instalaciones. Léela atentamente y obtén tus propias conclusiones.

ACTIVIDADES FINALES (cont.)

test de Rebt

- 11. Realiza los siguientes test del REBT de las instrucciones ITC- BT 25.
- En una vivienda de grado de electrificación básica el usuario podrá contratar, una potencia máxima de:
 - 9.200 W a 230 V con IGA de 40 A.
 - 5.750 W a 230 V con IGA de 32 A.
 - 5.750 W a 230 V con IGA de 25 A.
 - 7.360 W a 230 V con IGA de 40 A.
 - Una vivienda en la cual hay 24 puntos de luz y 32 tomas de corriente, tendrá un número mínimo de circuitos de:
 - 5
 - 6
 - 7
 - 8
 - En una vivienda se instalarán como mínimo interruptores diferenciales.
 - Cada 4 circuitos.
 - Cada 5 circuitos.
 - Cada 6 circuitos.
 - No importa el número de circuitos.
 - La instalación eléctrica para la secadora se realizará con:
 - Cable de 1,5 mm², base de 25 A 2p+T.
 - Cable de 2,5 mm², base de 25 A 2p+T.
 - Cable de 2,5 mm², base de 16 A 2p+T
 - Cable de 4 mm², base de 20 A 2p+T.
 - Los tubos para la instalación de aire acondicionado serán de:
 - 16 mm
 - 20 mm
 - 25 mm
 - 32 mm
 - 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:
 - 4 tomas
 - 5 tomas
 - 6 tomas
 - 7 tomas
 - En una vivienda donde se prevea un sistema de control de climatización, el circuito a instalar será:
 - C7
 - C8
 - C9
 - C10
 - C11
 - En una vivienda, en la cual el salón tiene 19 m², el número mínimo de puntos de luz y tomas de corriente será de:
 - Un punto de luz y dos toma de corriente.
 - Un punto de luz y tres tomas de corriente.
 - Dos puntos de luz y tres tomas de corriente.
 - Dos puntos de luz y cuatro tomas de corriente.
 - En los dormitorios se instalarán:
 - Un punto de luz por cada 10 m² y como mínimo tres tomas de corriente.
 - Un punto de luz si es menor de 10 m², dos si es mayor de 10 m² y como mínimo tres tomas de corriente.
 - Un punto de luz si es menor de 10 m², dos si es mayor de 10 m² y como mínimo dos tomas de corriente.

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

MATERIAL

- Conductores unipolares de 1,5 mm², 2,5 mm², 4 mm² y 6 mm².
- Tres interruptores, diez conmutadores simples, un conmutador de cruce y un pulsador luminoso.
- Ocho tomas de corriente de 16 A 2p+T y una toma de corriente de 25 A 2p+T.
- Un timbre o zumbador.
- Interruptores automáticos: uno de 2x40 A, dos de 2x10 A, tres de 2x16 A, uno de 2x25 A y uno de 2x20 A.
- Dos interruptores diferenciales de 2x40 A /30 mA.
- Tubo corrugado de 16, 20 y 25 mm de diámetro.
- Tres cajas de registro de 100x150 y cuatro de 100x100.
- Cajas de mecanismos, abrazaderas y carril DIM.

Montaje eléctrico de una vivienda de grado elevado

OBJETIVO

Realizar el montaje de una vivienda de grado elevado y proceder a su puesta en marcha.

DESARROLLO

- Partimos de los planos de planta y de los datos que nos ofrece la promotora de la vivienda. Según estos datos la vivienda posee además del vestíbulo las siguientes estancias:

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

- A continuación se consulta a la promotora para conocer con qué tipo de electrodomésticos se dotará a la vivienda. Así se calculará el grado de electrificación y se determinarán los circuitos a instalar. La promotora decide una 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).

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. Número de circuitos a instalar.

Para determinar el número de circuitos totales a instalar se comprueban los puntos de utilización, es decir, que el número de puntos de luz no sobrepase de 30, que el número de tomas de uso general no sea mayor de 20 y que el número de tomas de cuarto de baño y auxiliar de cocina no sea mayor de 6, ya que si cualquiera de ellos sobrepasa estos límites, deberán instalarse los circuitos adicionales **C6** para alumbrado, **C7** para tomas de uso general y **C12** para tomas de cuarto de baño y auxiliar de cocina.

Esto se determina mediante la **tabla 2 de la ITC-BT 25** teniendo en cuenta la superficie o longitud de cada estancia, obteniendo los siguientes resultados:

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 del ITC-BT 25 son **orientativas**, pudiéndose instalar en este caso la lavadora y la secadora en el lavadero.

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

↑ **Tabla 4.7.**

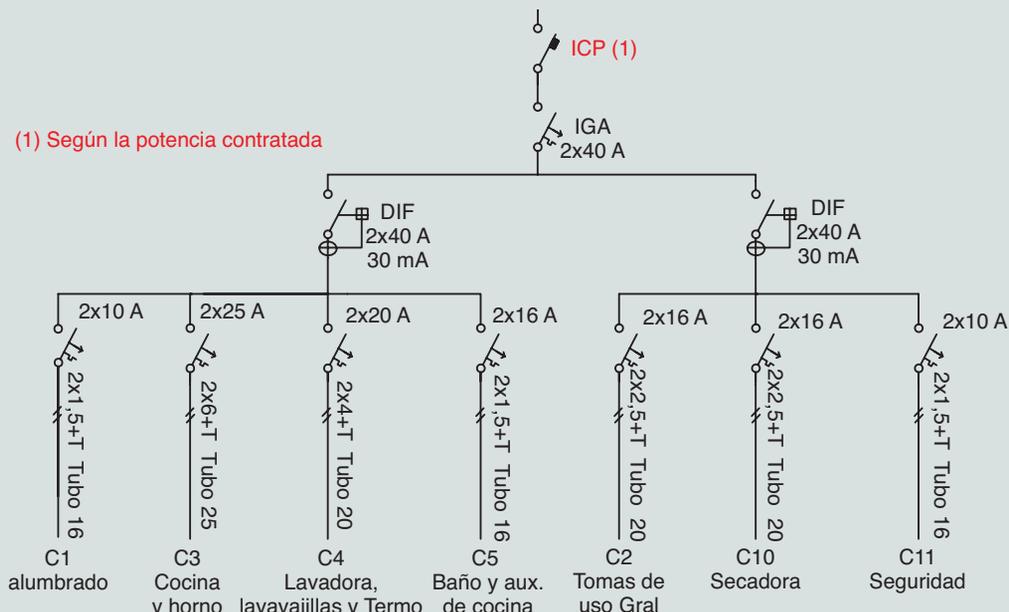
Como podemos comprobar tanto C1, C2 como C5 no superan el número de tomas para establecer los circuitos adicionales correspondientes, es decir, C6 para alumbrado, C7 para tomas de uso general y C12 para las tomas del cuarto de baño y auxiliares del cuarto de cocina, siendo por tanto los circuitos y puntos de utilización los reflejados en la tabla 4.7.

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 caja de mecanismos con tapa ciega.
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 16 A 2p+T.
Baño	C1	Un punto de luz accionado por interruptor de 10 A.
	C5	Una base de 16 A 2p+T.

↑ Tabla 4.8.

4. Dibuja el esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección.



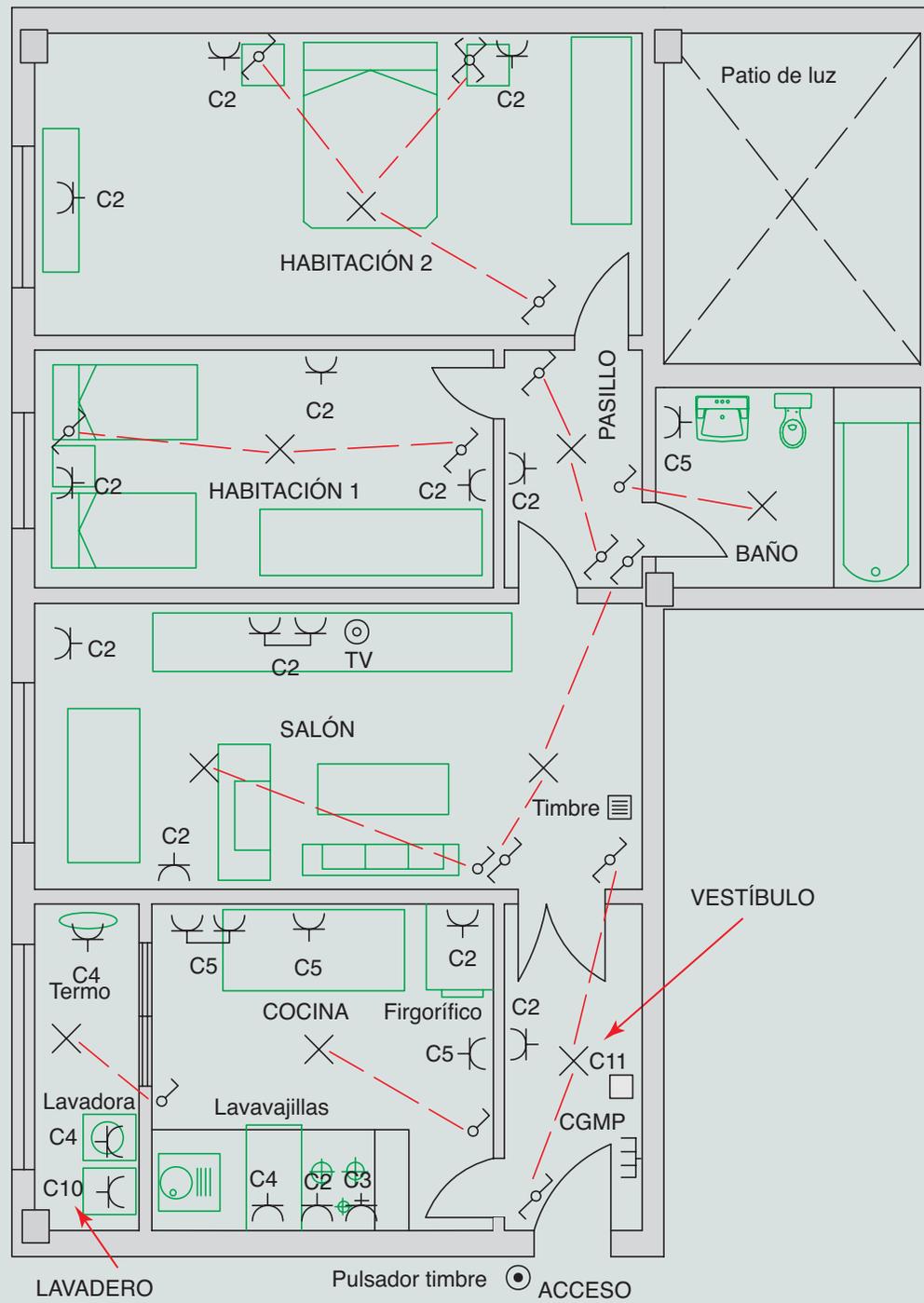
↑ Figura 4.30. Esquema unifilar de CGMP.

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

5. Realiza el esquema de distribución en planta.

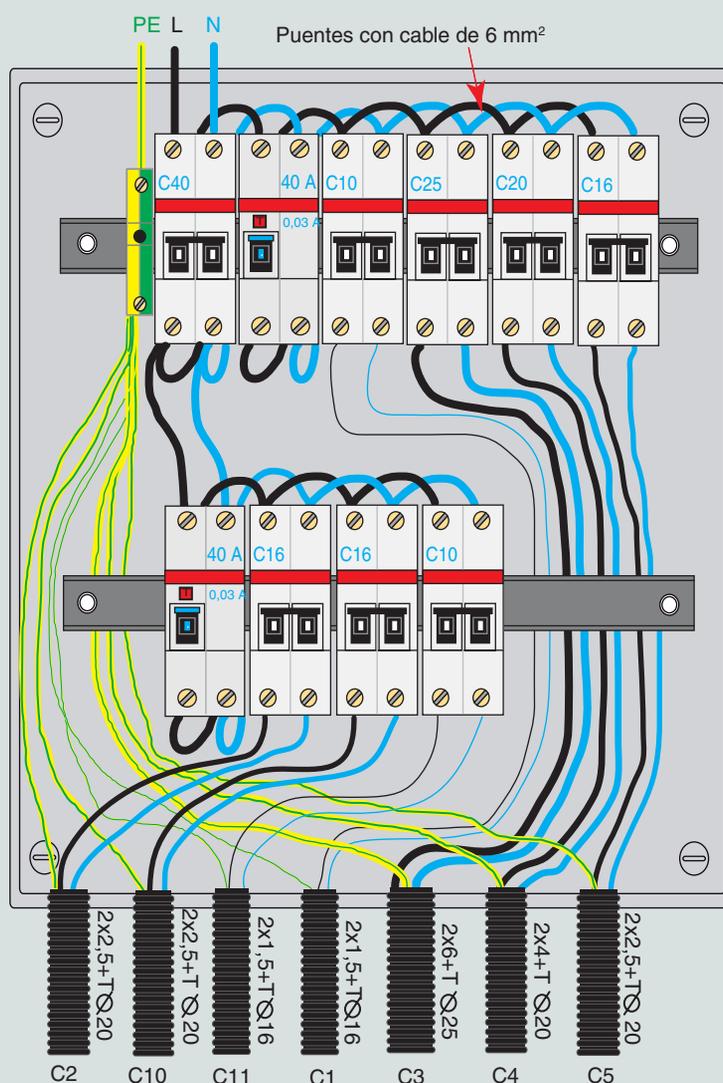
En dicho esquema se representará la ubicación de los diferentes mecanismos, de forma que:

- 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 4.31. 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 4.30.



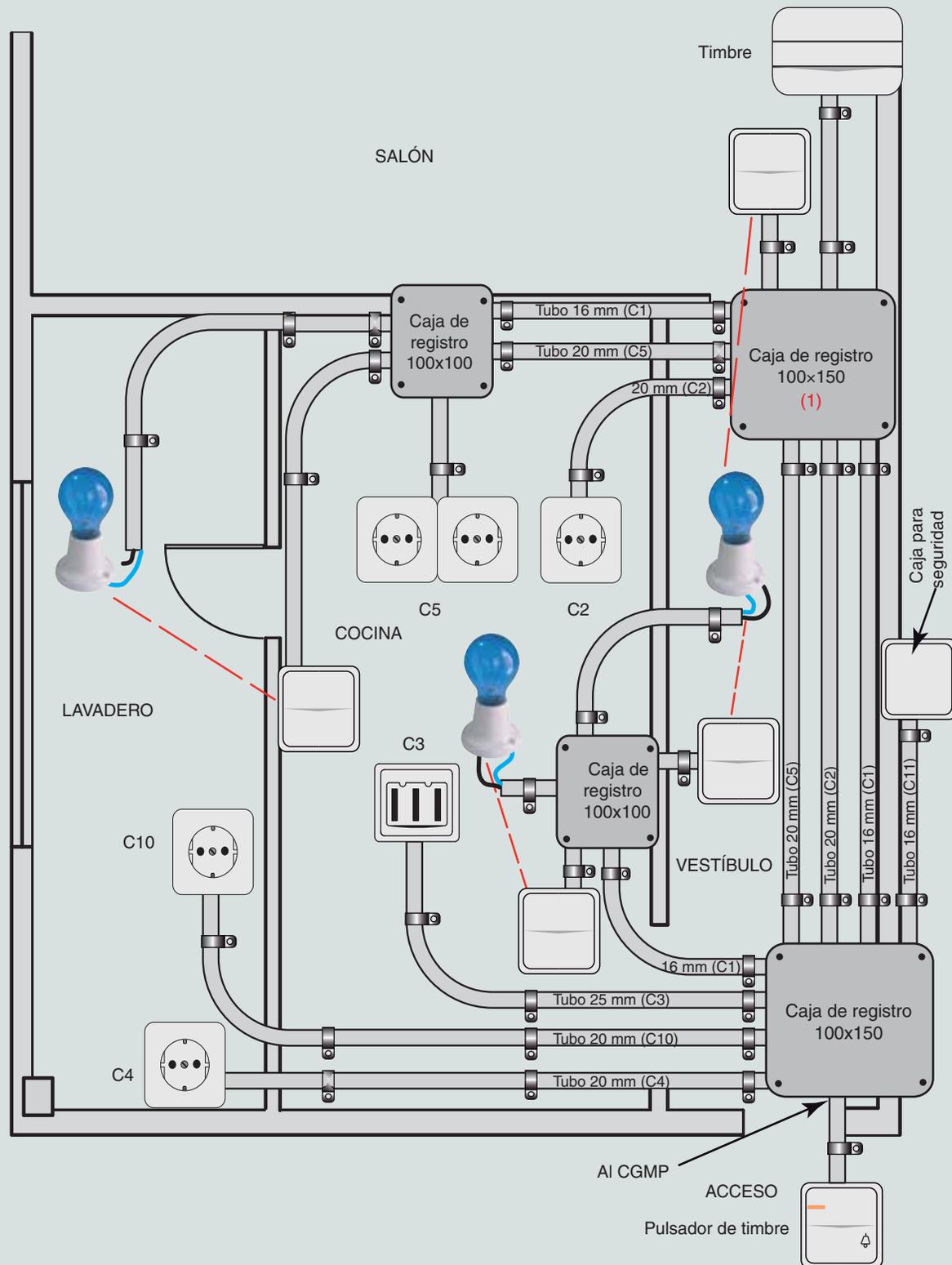
↑ Figura 4.32. Montaje del CGMP de la vivienda.

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 (la caja marcada como ⁽¹⁾ es común en ambas figuras), teniendo en cuenta que para simplificar el montaje se instalarán todos los puntos de luz y mecanismos, y para los demás circuitos instalar los mecanismos según se muestra en las figuras de montaje 4.33 y 4.34.

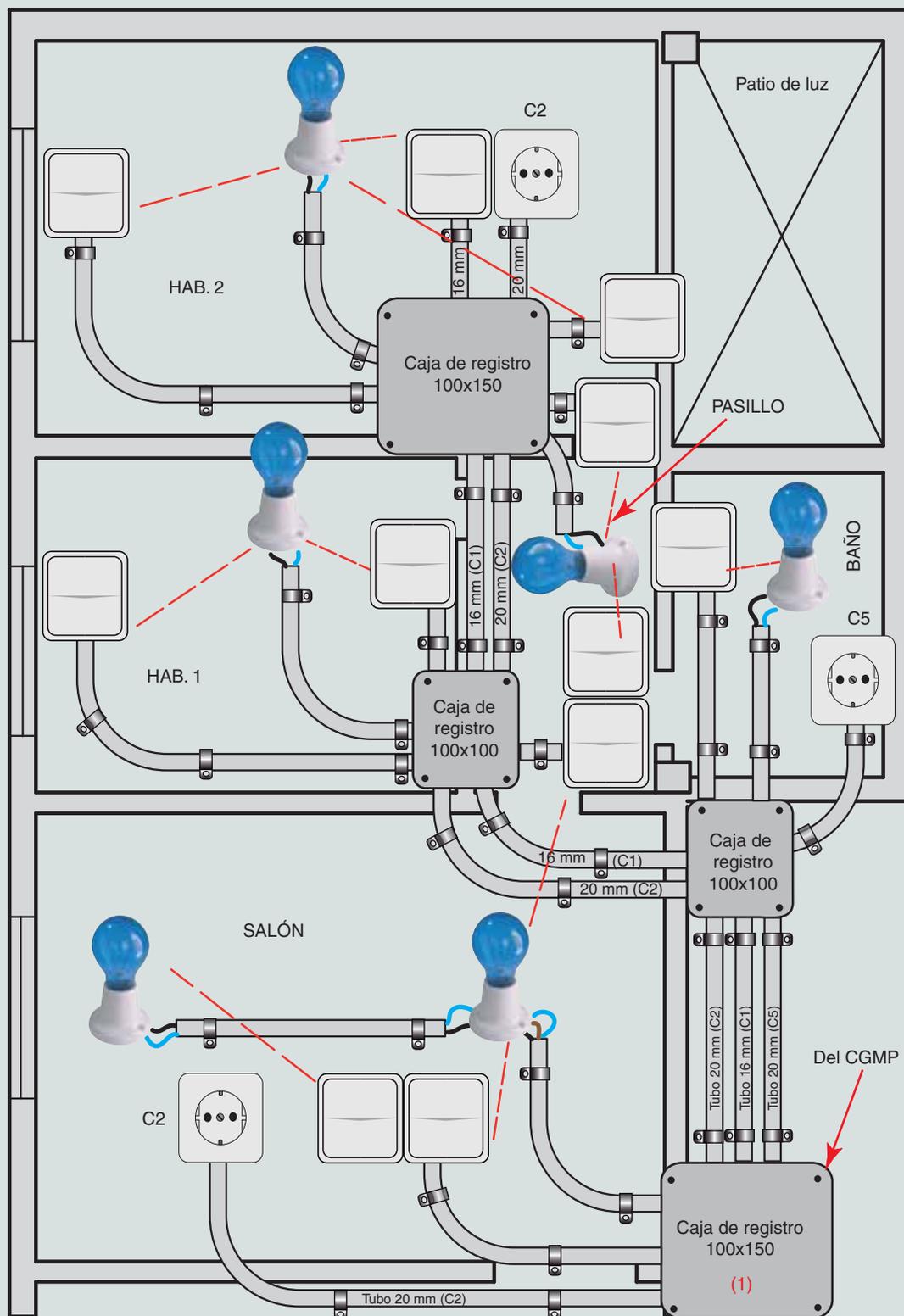
8. Prueba del montaje.

- Conecta el CGMP que has realizado anteriormente a la caja de registro que indican las figuras 4.33. y 4.34.
- 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 (cont.)



↑ Figura 4.33. Montaje del acceso, vestíbulo, cocina y lavadero.



↑ Figura 4.34. Montaje del salón, pasillo, baño y habitaciones.

MUNDO TÉCNICO

Automatización, confort y seguridad en las instalaciones domésticas

Hoy en día los nuevos avances tecnológicos y la introducción de la electrónica en todo tipo de instalaciones eléctricas está revolucionando el mundo de las instalaciones domésticas, introduciendo sistemas con el fin de que las instalaciones en viviendas tengan, no solo un grado de electrificación adecuado para la cantidad de electrodomesticos que hoy en día podemos encontrar, sino que además se están incorporando sistemas domóticos en los cuales los mecanismos pueden ser programados para realizar diferentes funciones, así como un control de regulación de luminosidad, de climatización en las diferentes estancias, sistemas de control mediante mandos a distancia y un largo etcétera de aplicaciones.

Por otro lado, también se están incluyendo sistemas de seguridad, tales como centrales contra robo e intrusión basadas en una central de control y teclado junto a dispositivos tales como detectores de presencia, detectores de apertura de puertas y ventanas, de rotura de cristales, así como sensores de humos, de gas, de inundación, etc.

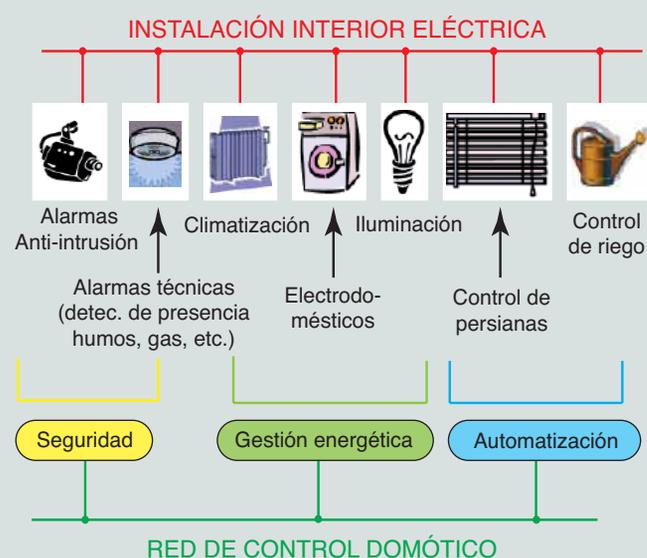
Estos sistemas de seguridad dan la posibilidad al igual que los sistemas de automatización, a conectarse a las líneas telefónicas avisando de cualquier evento, como una posible intrusión en la vivienda, de forma que el usuario o bien una empresa de seguridad con la que se tiene contratado servicio es alertada en caso de alarma, en cualquier caso dichos sistemas pueden ofe-

cer la posibilidad de monitorizar de forma visual mediante cámaras y/o de forma audible mediante micrófono para verificar si ciertamente existe un estado de alarma, y en caso de que sea veraz realizar una llamada a las fuerzas de seguridad, bomberos, servicios médicos, etc., según corresponda.

Uno de los circuitos que el REBT destina para estos fines es el **circuito C11** reglamentado en la **ITC-BT 51** y aclarado en la **Guía Técnica de Aplicación BT-51**, circuito destinado a alimentar los sistemas de control de automatización tales como control de subida o bajada de persianas y toldos, control de riego en jardines, 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 y 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.

De modo general, a la instalación de todos estos sistemas se les 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.

Red de una instalación domótica y ejemplo de equipos



EN RESUMEN

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN VIVIENDAS

Grados de electrificación:

- Básico.
- Elevado.

Determinación del grado de electrificación, número de circuitos y puntos de utilización.

CGMP y circuitos de la vivienda.

Instalaciones en cuartos de baño.

Representación esquemática:

- Esquema topográfico.
- Esquema unifilar del CGMP.

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. Di qué circuitos además de los básicos debe llevar una vivienda con 180 m² la cual 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, ¿éste puede ser de 25 A/30 mA?
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
3. En una instalación nueva de viviendas, la toma de corriente a instalar en el dormitorio puede ser sin toma de tierra.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.
4. El timbre se conecta al circuito: _____
5. Siempre que se prevea en el salón o 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
 - b) No
7. Una 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 70 cm de la bañera.
 - a) Verdadero.
 - b) Falso.

5

Conductores eléctricos

vamos a conocer...

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

PRÁCTICA PROFESIONAL

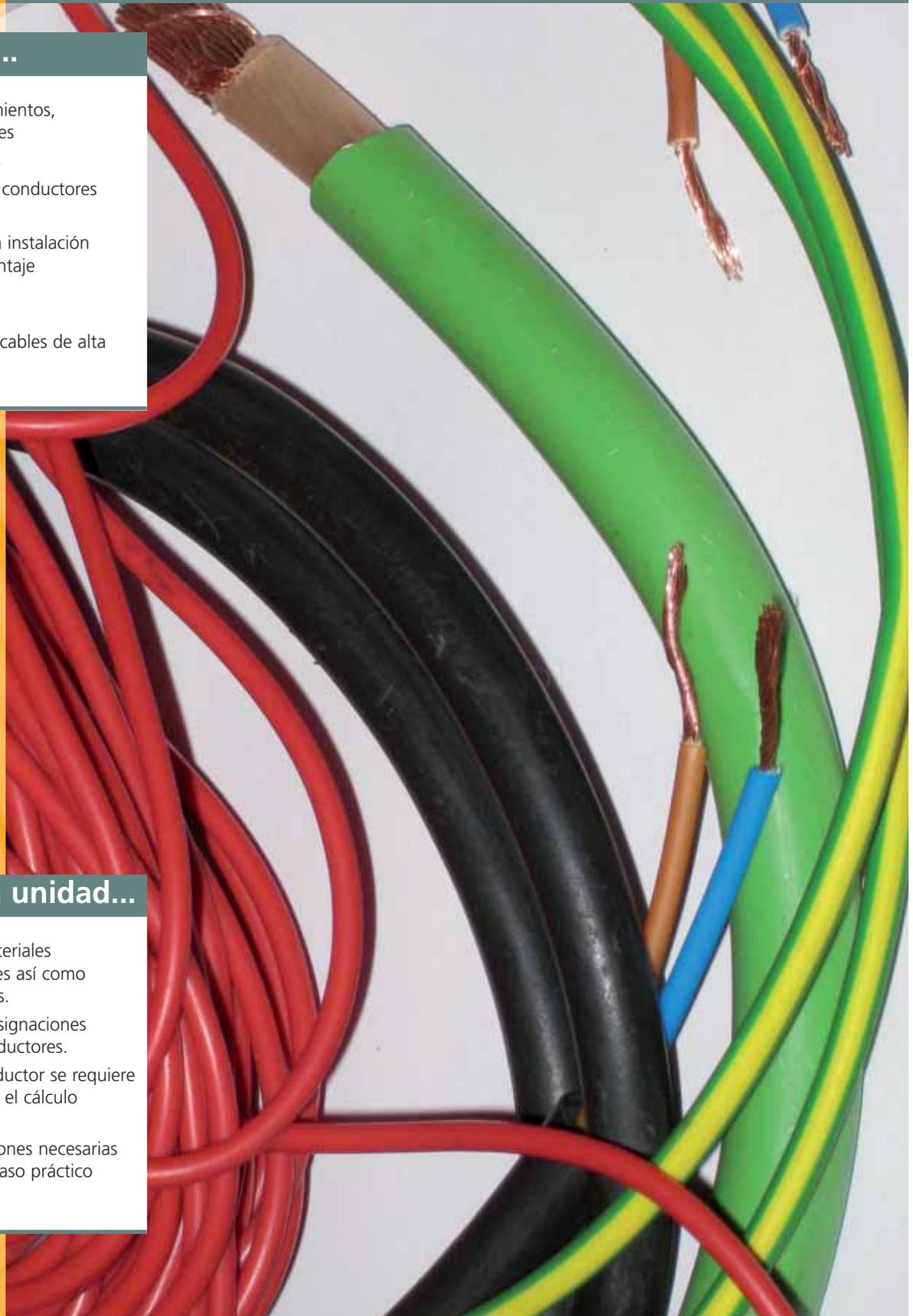
Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado público y montaje de la instalación

MUNDO TÉCNICO

Cables libres de halógenos (cables de alta seguridad)

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 que tipo de conductor se requiere en cada instalación así como el cálculo de sección de los mismos.
- Realizaras el cálculo de secciones necesarias y montaje que soluciona el caso práctico propuesto en esta unidad.

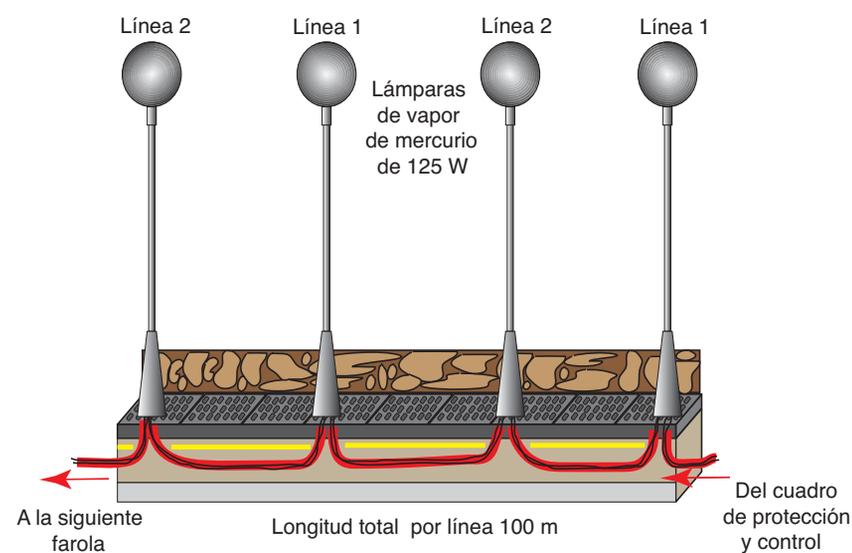


CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

A un electricista encargado del montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas en una población se le encarga la instalación de 16 farolas a lo largo del perímetro de un parque de nueva construcción.

La instalación consiste en instalar un cuadro de protección y control, así como el tendido de los conductores en montaje enterrado bajo la acera. Para ello se fijarán las horas de funcionamiento de las farolas, y sobre esta información será necesario determinar el tipo de conductores, las secciones y protecciones, y los equipos de control.



↑ Figura 5.1.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Probablemente has visto realizar alguna instalación de alumbrado público en la cual los cables van enterrados. ¿Crees que estos cables deben ser mangueras o simples cables unipolares?
2. Como comprenderás, cada instalación debe tener una sección de conductores determinada. Indica al menos tres factores que puedan influir en la determinación de la sección del conductor en una instalación.
3. Los cables utilizados en baja tensión son de hasta 450/750 V y de 0,6/1 kV. ¿Cuál es la diferencia entre ambos para una misma sección?
4. Localiza la instrucción del REBT de alumbrado público e identifica qué tipo de cables se deben utilizar, así como la sección mínima que deben tener si van enterrados.



1. Materiales, secciones, aislamientos y constitución de conductores

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 kg/mm².

El otro conductor empleado es el aluminio que tiene una mayor resistividad que el cobre, pero por ventaja su menor coste económico.

La finalidad de un conductor es transportar la energía eléctrica procedente de los generadores hasta los receptores ofreciendo una baja resistencia, dependiendo la resistencia final que ofrecerá una línea conductora en una instalación 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.
- **Multiconductores (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^a 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.

Como se ha indicado con anterioridad las resistividades dadas son válidas para 20 °C, pero estos valores dependen de la temperatura. De este modo, un conductor ofrece una mayor oposición al paso de corriente a medida que ésta aumenta; como consecuencia de este fenómeno, la resistividad aumenta y la conductividad disminuye. Las conductividades para 20 °C, 70 °C y 90 °C son:

- Para el cobre: 56 a 20 °C, 48 a 70 °C y de 44 a 90 °C.
- Para el aluminio de: 35 a 20 °C, 30 a 70 °C, y de 28 a 90 °C.

Las temperaturas de 70 °C y 90 °C se corresponden con la T^a máxima de trabajo de los cables cuyo aislamiento es PVC y XLPE/EPR respectivamente.



Para la realización de cálculos de conductores se podrá realizar de dos formas:

- Utilizando los valores de la conductividad dados a 20 °C.
- Utilizando los valores de la conductividad para las temperaturas máximas de trabajo (70 °C y 90 °C) de los cables que utilizan como aislamiento PVC o XLPE/EPR respectivamente (según marca la norma **UNE 20460-5-523**).

1.2. Secciones normalizadas de los conductores

La sección de conductor se expresa en mm² sin incluir materiales aislantes, cubiertas, etc., siendo éstas de:

- **Para conductores al aire** (todos aquellos conductores que **no** sean enterrados o aéreos), es decir, aquellos que se colocan en instalaciones **bajo tubo** en montaje superficial o empotrado, directamente **sobre la pared**, etc. las secciones son las reflejadas en la tabla 5.1.
- **Para conductores enterrados**, aquellos que van enterrados en zanjas directamente o bien bajo tubo, las secciones son las indicadas en la tabla 5.2.

SECCIONES EN mm ²		
1,5	25	150
2,5	35	185
4	50	240
6	70	300
10	95	
16	120	

↑ **Tabla 5.1.** Secciones para conductores en montaje al aire.

SECCIONES EN mm ²			
6	50	185	630
10	70	240	
16	95	300	
25	120	400	
35	150	500	

Nota: 6 y 10 mm² no están disponibles en aluminio.

↑ **Tabla 5.2.** Secciones para conductores en montaje enterrado.

1.3. Material de los aislamientos de los conductores

En las instalaciones eléctricas de interiores, los conductores deben estar aislados, y denominamos aislante al material que recubre al conductor. Principalmente se utilizan dos tipos de aislantes, los derivados de materiales plásticos (polímeros) y los derivados del caucho, es decir, gomas (elastómeros).

Los **materiales plásticos** los podemos distinguir de dos tipos: los **termoplásticos**, que 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 perdiendo propiedades mecánicas. Por otro lado están los **termoestables**, que antes de estar expuestos a agentes atmosféricos son relativamente blandos y flexibles, lo que facilita 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.

Entre los materiales existe una gran cantidad de ellos, siendo los más utilizados entre los **termoplásticos** el policloruro de vinilo (PVC o V en designación) y la

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.



poliolefina (Z1), este último llamado «libre de halógenos», material que debe ser utilizado en determinadas instalaciones de forma **obligatoria** donde se exija una baja emisión de humos y gases corrosivos.

Entre los materiales plásticos **termoestables**, el más utilizado es el polietileno reticulado (XLPE o R en designación).

Los **materiales derivados del caucho (gomas o elastómeros)** ofrecen como ventaja su flexibilidad sin embargo cuando son expuestos a agentes atmosféricos se oxidan con facilidad agrietándose, motivo por el cual para poder ser utilizados como material aislante deben ser tratados con azufre. Los más utilizados en las instalaciones eléctricas son los de Etileno-Propileno (EPR o D en designación), o bien los de goma de Silicona (S en designación), muy aptos para instalaciones sometidas a altas temperaturas.

1.4. Constitución de un conductor

Los conductores los podemos distinguir de varias formas:

- **Por el número de hilos.** Siendo éstos:
 - **Unipolares**, en su versión más básica está compuesto por un solo conductor recubierto de material aislante.
 - **Multiconductores** (mangueras), en su versión más básica están constituidos por varios conductores recubiertos de un aislamiento y una cubierta que recubre el conjunto de conductores, que además hace la función de protección contra agentes atmosféricos, corrosión, etc.



↑ Figura 5.2. Cable unipolar.



↑ Figura 5.3. Cable multiconductor (manguera).

- **Por su forma constructiva.** Siendo éstos:
 - **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 5.5. Flexible.



↑ Figura 5.6. Rígido de varios alambres.

Ahora bien, en ciertas instalaciones se requieren recubrimientos más complejos, por ejemplo, cables con pantallas que ofrecen un aislamiento frente a efectos electromagnéticos, o bien recubrimientos metálicos para ofrecer una protección mecánica.

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

Los conductores para ser identificados 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 aislamientos

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 750V (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 5.7.

Siempre la designación de tensiones está referida **al material aislante** que recubre el conductor independientemente de la cubierta que pueda llevar, ya que ésta 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, éstos **nunca** podrán ser utilizados en **instalaciones fijas** de distribución en baja tensión, su uso está destinado, por ejemplo, a aparatos electrodomésticos, servicios móviles, etc. Las tensiones nominales para éstos 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

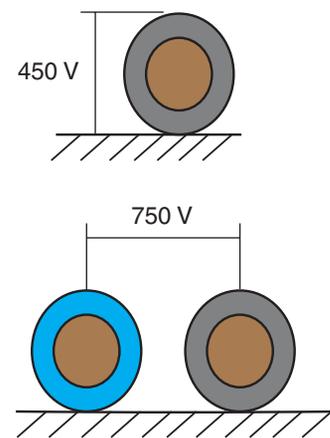
Para identificar un conductor se utiliza un código de letras y números, designación establecida por las normas UNE que lo identifica por completo en cuanto a su normalización, tensiones nominales, cubiertas, formas constructivas, etc.

Para conductores de hasta 450/750V

Según las normas UNE 21031, 21037 y 21002 para conductores de hasta 450/750 V 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 sólo 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, mayor tensión soportará.



↑ Figura 5.7.

caso práctico inicial

Los cables a instalar en alumbrado público serán de cobre y de tensión asignada 0,6 kV, y en canalizaciones enterradas deben tener una sección mínima de 6 mm².



saber más

Cable: ES07VZ1-K (AS) 3G4

ES: Cable con armonización de tipo nacional.

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): Cable de seguridad aumentada.



↑ Figura 5.8.

	Sigla símbolo	Descripción
Armonización	H	Cable tipo armonizado
	ES ó ES-N	Cable de tipo nacional
	A	Cable de tipo nacional autorizado por CENELEC
Tensión asignada	01	U ₀ /U = 100/100 V
	03	U ₀ /U = 300/300 V
	05	U ₀ /U = 300/500 V
	07	U ₀ /U = 450/750 V
Aislamiento	V	Policloruro de vinilo (PVC)
	V2	Mezcla de PVC (Servicio a 90 °C)
	V3	Mezcla de PVC (Servicio a bajas temperaturas)
	V4	PVC Reticulado
	B	Goma Etileno Propileno
	G	Etileno-Acetato de vinilo
	N2	Mezcla de policloropreno
	R	Goma de Estireno-Butadieno
	S	Goma de Silicona
	Z	Mezcla reticulada a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos
Z1	Mezcla termoplástica a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos	
Cubierta	V	Policloruro de vinilo (PVC)
	V2	Mezcla de PVC (servicio a 90 °C)
	V4	PVC Reticulado
	B	Goma de Etileno Propileno
	G	Etileno-acetato de vinilo
	N	Goma de policloropreno
	N4	Polietileno clorosulfatado
	N8	Policloropreno resistente al agua
	Q	Poliuretano
	J	Trenaza de fibra de vidrio
	R	Goma de Estireno-Butadieno
	S	Goma de Silicona
Z	Mezcla reticulada a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos.	
Forma del conductor	-U	Rígido circular de un solo alambre (Clase 1)
	-R	Rígido circular de varios alambres (Clase 2)
	-F	Flexible para servicios móviles (Clase 5)
	-H	Extraflexible (Clase 6)
	-K	Flexible para instalaciones fijas (Clase 5)
	-D	Flexible para utilizar en máquinas de soldar
	-E	Muy flexible para utilizar en máquinas de soldar
	N	Número de conductores (1, 2, 3...)
	x	Cuando no exista en una manguera conductor de protección
	G	Cuando en una manguera hay conductor de protección
	1.5, 2.5, 4, 6...	Sección de los conductores en mm ²
Para cables con seguridad aumentada, tales como aquellos de baja emisión de humos (libres de halógenos) compuestos por poliolefina y sus mezclas, la designación termina con (AS)		

→ **Tabla 5.3.** Designación de conductores de 450/750 V.

**EJEMPLOS**

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

- a) H07V-K 1x2,5
- b) ES07Z1-K (AS) 1x10
- c) H05VV-F 4G4

Solución:

- a) H07V-K 1x2,5

H: conductor de tipo armonizado. **07:** tensión nominal del aislamiento de 450/750 V. **V:** aislamiento de PVC. **-K:** flexible para instalaciones fijas (clase 5). **1x2,5:** conductor unipolar de 2,5 mm² de sección.

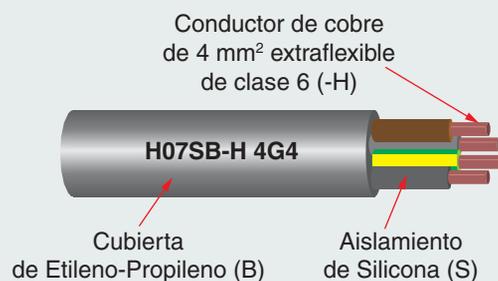
- b) ES07Z1-K (AS) 1x10

ES: cable de tipo nacional. **07:** tensión nominal del aislamiento de 450/750 V. **Z1:** mezcla termoplástica de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos (libres de halógenos). **-K:** flexible para instalaciones fijas (clase 5). **1x10:** conductor unipolar de 10 mm² de sección. **(AS):** conductor con seguridad aumentada.

- c) H05VV-F 4G4

H: cable de tipo armonizado. **05:** tensión nominal del aislamiento 300/500 V (*Nota: cable utilizado únicamente en alimentación de receptores móviles pero nunca en instalaciones eléctricas interiores fijas de distribución*). **V:** aislamiento de PVC. **V:** cubierta de PVC. **-F:** flexible para servicios móviles (manguera de conexión de un receptor por ejemplo). **4G4:** manguera con 4 conductores de los cuales uno de ellos es el conductor de protección (Verde/Amarillo), y sección de cada conductor de 4 mm².

■ Dibuja una manguera para instalaciones de altas temperaturas de 450/750 V de tipo armonizado, para alimentar un motor trifásico (3 fases+T) de 4 mm² con aislamiento de Silicona y cubierta de Etileno Propileno, extraflexible de clase 6.

Solución:

↑ Figura 5.9.

■ Para un cable de dos hilos extraflexible de clase 6, de 1,5 mm² (sin TT) para alimentar un receptor móvil, tipo armonizado, con aislamiento y cubierta de PVC, ¿cuál será su designación?

Solución:

H05VV-H 2x1,5

saber más

Aunque los cables de tensiones asignadas inferiores a 450/750 V no se pueden utilizar en instalaciones fijas, es decir grapados sobre la pared, bajo tubo, en canaletas, etc., si se permite su utilización en instalaciones móviles, es decir para alimentar aparatos electrodomésticos por ejemplo, e incluso son permitidos cables de 300/500 V para instalaciones interiores para servicios móviles en instalaciones temporales de obra.

recuerda

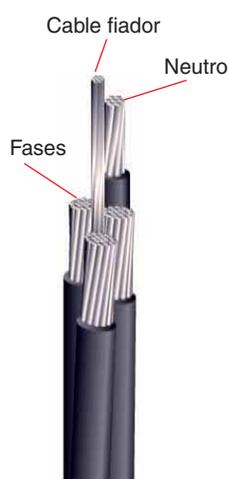
Aunque las cubiertas de los cables tienen propiedades aislantes, su misión no es el aislamiento de los conductores, sino que ejerce la función de envolvente. En el caso de cables multiconductores ofrece a su vez protección frente a agentes atmosféricos, corrosión y protección mecánica.



saber más

Para líneas de distribución aéreas tensadas (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 5.10.** Cuatro conductores trenzados para redes aéreas tipo RZ 0,6/1 kV Al con cable fiador.

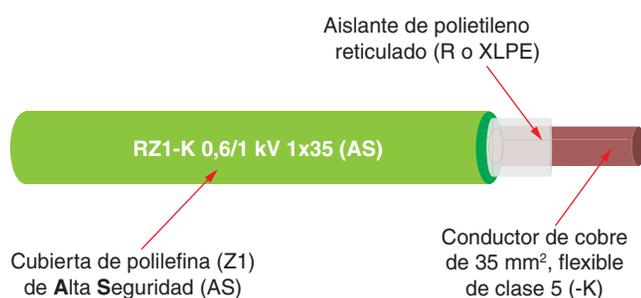
Para conductores de 0,6/1 kV

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. En ocasiones entre ambas designaciones existen contradicciones al utilizar un diferente símbolo con diferente significado. La normativa utilizada para la designación de estos conductores, según la norma UNE 21123 es la siguiente:

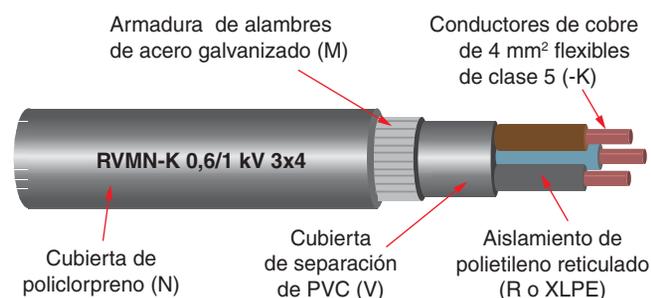
Aislamiento	V R D E	Policloruro de vinilo (PVC) Polietileno Reticulado (XLPE) Etileno-Propileno (EPR) Polietileno (equivalente a XLPE)
Pantallas y armaduras	O M MA FA F	Pantalla metálica sobre el conjunto de conductores Armadura de alambres de acero Armadura de alambres de aluminio Armadura de flejes de aluminio Armadura de flejes de acero
Cubiertas exterior y separadoras	V N E Z1	Policloruro de vinilo (PVC) Policloropreno Polietileno termoplástico Mezcla termoplástica a base de poliolefina de baja emisión de humos y gases corrosivos
Forma del conductor	-K	Flexible de Clase 5 Si no se expresa nada, se entiende como conductor rígido de Clase 1 o Clase 2
Tensión nominal	U ₀ /U	Tensión asignada 0,6/1 kV
Nº de conductores y sección nominal		Si el conductor es de cobre, no se expresa nada Si el conductor es de aluminio, se indicará Al Finalmente se indica el número de conductores y sección
Para cables con seguridad aumentada tales como aquellos de baja emisión de humos (libres de halógenos) compuestos por poliolefina y sus mezclas la designación termina con (AS)		

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

Para su descripción se comienza desde el conductor hasta la cubierta exterior, es decir, primero el aislamiento y seguidamente las cubiertas de separación y armaduras si procede, cubierta exterior, forma del conductor, tensión nominal número de conductores y sección nominal de los mismos.



↑ **Figura 5.11.**



↑ **Figura 5.12.**



EJEMPLOS

■ Identifica los siguientes conductores de 0,6/1kV cuyo fabricante designa según los códigos siguientes:

a) RZ1-K 0,6/1 kV 1x70 (AS) b) RVV-K 0,6/1 kV 1x35 c) RV 0,6/1 kV Al 3x150

Solución:

a) RZ1-K 0,6/1kV 1x70 (AS)

Cable unipolar de 70 mm² con tensión asignada de 0,6/1 kV, conductor de cobre flexible (Clase 5), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta compuesta de termoplástico a base de poliolefina (Z1) y seguridad aumentada (AS).

b) RVV-K 0,6/1kV 1x35

Cable unipolar de 35 mm² con tensión asignada de 0,6/1kV con conductor de cobre flexible (Clase 5), aislamiento de PVC (V) y cubierta de PVC (V).

c) RV 0,6/1 kV Al 3x150

Cable multiconductor (manguera) de 3 conductores de aluminio de 150 mm² de tensión asignada de 0,6/1 kV con conductor de aluminio rígido ⁽¹⁾ de varios alambres (Clase 1 o 2), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).

⁽¹⁾ Se entiende que al no llevar indicación constructiva el conductor será rígido de clase (1 o 2)

■ Dibuja una manguera se 0,6/1 kV con tres conductores de cobre (Fase +N+T), flexible de clase 5, de 6 mm² con aislamiento de polietileno reticulado, cubierta separadora de PVC, armadura de flejes de aluminio y cubierta exterior de PVC.

Solución:



↑ Figura 5.13.

ACTIVIDADES

1. Examina diferentes cajas o embalados de conductores de 450/750 V del aula-taller, comprueba su designación y extrae las conclusiones oportunas. Comprueba también una manguera de 450/750 V en la cual esté etiquetada su designación, y extrae igualmente las conclusiones oportunas en cuanto a características del cable.
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 serigrafada su designación y extrae las conclusiones oportunas.
4. Comprueba la diferencia, aplicando una pequeña llama **con seguridad**, entre un cable libre de halógenos (Z1) y un cable no libre de halógenos.
5. 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.



3. Cálculo de la sección de los conductores

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 5.14.** Conductores trenzados para redes aéreas tipo RV 0,6/1 kV Al.

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, enterrada o aérea) y la temperatura a la que se someterán los conductores en la instalación.

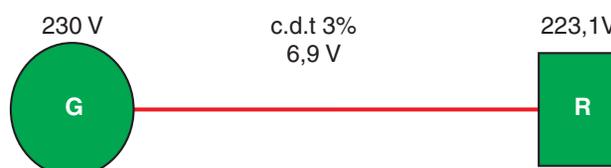
Una vez conocidos estos datos el proceso a seguir es el siguiente:

3.1. Cálculo por caída de tensión (c.d.t.)

Como ya sabemos, los conductores ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente, lo que provoca que desde el punto de suministro hasta el punto final de la línea haya una pérdida de tensión que denominamos c.d.t., esta pérdida de tensión queda en los conductores y se disipa en calor. Si las pérdidas son elevadas la tensión en los receptores puede ser muy inferior a la de suministro lo que provocaría que éstos no funcionasen como es debido o que ni siquiera llegarán 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 230V el valor máximo permitido de caída de tensión será del 3% de 230 V es decir:

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

Esto indica que desde el punto de suministro (230V) 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 5.15. 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.

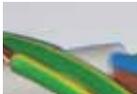


↑ **Figura 5.15.** Ejemplo de c.d.t.

Esta pérdida de tensión depende de varios factores, tales como la sección y tipo de conductor, la longitud, la tensión y la intensidad, como veremos a continuación.

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%.



Las ecuaciones para el cálculo por c.d.t. son las reflejadas en la tabla 5.5.

Para líneas monofásicas	Para líneas trifásicas
$S = \frac{2 P L}{k e V}$	$S = \frac{P L}{k e V}$
Donde: S = Sección de la línea en mm ² L = Longitud de la línea en metros P = Potencia prevista o demandada en vatios (W) e = Caída de tensión en voltios (V) V = Tensión en voltios (V) K = Conductividad del conductor (Cu = 56, Al = 35) ⁽¹⁾	
(1) La conductividad 56 y 35 son para Tª de 20 °C. 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 Tª máx de trabajo para conductores con aislamiento de PVC de 70 °C y de 90 °C para conductores XLPE o EPR.	

↑ **Tabla 5.5.** Formulas 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 (Imáx)

También denominado cálculo por **calentamiento**, de forma que 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 en instalaciones eléctricas interiores se deben tener en cuenta otros factores, tales como el modo de instalación (al aire o enterrados), tipo de material (cobre o aluminio), naturaleza de los aislamientos (PVC, XLPE, etc.) y 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 las instrucciones ITC-BT 19 **para cables al aire**, y en la ITC-BT 07 **para cables enterrados**.

Para líneas monofásicas	Para líneas trifásicas
$I = \frac{P}{V \cos \varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi}$
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 a un valor de 0,85.	

↑ **Tabla 5.6.** Formulas para intensidad de consumo de una instalación.

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 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.



La siguiente tabla muestra las intensidades máximas admisibles ($I_{m\acute{a}x}$) de conductores al aire para temperaturas de 40 °C reflejadas en la instrucción ITC-BT 19.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ⁽²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ⁽²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre pared ⁽³⁾					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁽⁴⁾ Distancia de la pared no inferior a 0,3D ⁽⁵⁾						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁽⁴⁾ Distancia de la pared no inferior a D ⁽⁵⁾							3x PVC			3x XLPE o EPR ⁽¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁽⁵⁾									3x PVC ⁽¹⁾	3x XLPE o EPR	
Cobre		mm²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	–	18	21	24	–
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	–	25	29	33	–
		4	20	21	23	24	27	30	–	34	38	45	–
		6	25	27	30	32	36	37	–	44	49	57	–
		10	34	37	40	44	50	52	–	60	68	76	–
		16	45	49	54	59	66	70	–	80	91	105	–
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

(1) A partir de 25 mm² de sección. (2) Incluyendo canales para instalaciones –canaletas– y conductos de sección no circular. (3) O en bandeja no perforada. (4) O en bandeja perforada. (5) D es el diámetro del cable.

↑ **Tabla 5.7.** Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. N° de conductores con carga y naturaleza de aislamiento. (Tabla 1 ITC-BT 19).



Un ejemplo del cálculo lo podemos realizar con la tabla anterior, si los conductores no van enterrados, conociendo el valor de la intensidad demandada.

- Debemos ir a la fila correspondiente del tipo de montaje (bajo tubo unipolar o multiconductor, en paredes aislantes, bajo tubo empotrado en obra, bajo tubo en montaje superficial, multiconductores sobre pared, etc.).
- Seguidamente identificamos la columna en función del modo de instalación, es decir, trifásica o monofásica (3 indica línea trifásica a 3 o 4 hilos y 2 indica línea monofásica, en ambos incluidos el conductor de protección) y el tipo de aislamiento, **teniendo en cuenta que para aislamientos de poliolefina (Z1) se tomará como PVC**.
- Una vez identificada la columna, comprobamos la sección del conductor que es capaz de aguantar la intensidad demandada.
- De los dos cálculos (por c.d.t. y por $I_{m\acute{a}x}$) debemos elegir el de sección mayor (la más desfavorable), ahora bien, una vez obtenida la sección final, entre la Intensidad demandada por la instalación y la Intensidad máxima admisible del conductor debe haber una protección normalizada, es decir:

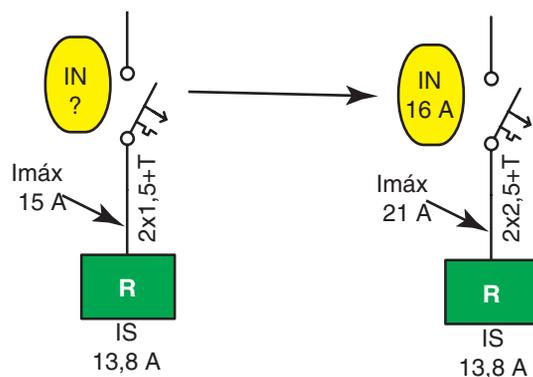
$$I_s < I_N \leq I_{m\acute{a}x}$$

Donde la I_s es la intensidad demandada por la instalación, la I_N la intensidad del dispositivo de protección y la $I_{m\acute{a}x}$ la intensidad máxima admisible en el conductor. En el caso de que no hubiese protección, se deberá aumentar la sección. Por ejemplo, si una instalación demanda 42 A y la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor es de 44 A, entre 42 A y 44 A no hay protección normalizada, lo que nos obliga a subir la sección del conductor hasta encontrar protección entre I_s e $I_{m\acute{a}x}$.

3.3. Cálculo final de la sección del conductor

Veamos el ejemplo de la figura 5.16, como se muestra en dicha figura, para un conductor de una línea monofásica con conductores unipolares con aislamiento de PVC, y una sección calculada de 1,5 mm² bajo tubo empotrado en obra cuya intensidad demandada es de 13,8 A, siendo la $I_{m\acute{a}x}$ del conductor de 1,5 mm² según la tabla 1 de la ITC-BT 19 de 15 A, intensidad superior a la demanda.

En un principio dicha sección sería correcta, ahora bien, el problema que encontramos es que entre 13,8 A y 15 A no hay protección normalizada en el mercado, esto nos obligará a subir la sección a 2,5 mm², siendo la $I_{m\acute{a}x}$ de este otro conductor de 21 A según la tabla, en este caso entre 13,8 A y 21 A encontramos protecciones de 16 A o 20 A.



saber más

Según el REBT

Es importante saber interpretar la tabla 7 (tabla 1 de la ITC-BT 19) en el sentido de que:

1. Una canalización de cables en canaleta es considerada igual que si los conductores van alojados bajo tubo utilizándose las filas B y B2.
2. Cuando una manguera va grapada sobre la pared se utiliza la fila C.
3. Cuando se utilizan bandejas estancas (no perforadas) se utiliza la fila C.
4. Cuando se utilizan bandejas perforadas, de escalera, o de rejilla se utiliza las filas E o F dependiendo si son cables unipolares o mangueras.

← Figura 5.16. Ejemplo de subida de sección debido a no haber protección normalizada.



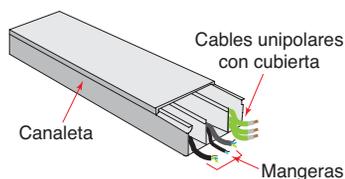
vocabulario

La denominación de «conductores al aire», no incluye la canalización de cables para redes aéreas, ya que son totalmente diferentes.

Recuerda que montaje de conductores «al aire» incluye todos aquellos que van bajo tubo, en canaletas, en bandejas, grapados sobre la pared, etc.

recuerda

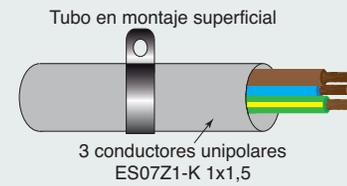
Para cálculo de cables multiconductores o unipolares bajo canalizaciones en canaletas o de sección no circular, se utilizarán las filas **B** o **B2** según corresponda.



↑ **Figura 5.19.** Canalización de conductores en canaleta.

EJEMPLO

En una línea monofásica constituida por tres conductores unipolares tipo ES07Z1-K 1×1,5 bajo tubo en montaje superficial, se pide determinar la intensidad máxima admisible (o de calentamiento) de dichos conductores.



↑ **Figura 5.17.**

Solución:

Como podemos apreciar en la figura 5.18, se muestran los pasos a seguir para determinar la sección por $I_{m\acute{a}x}$ partiendo ya de una sección determinada. Al tratarse de conductores unipolares bajo tubo en montaje superficial se utilizará la **fila B**, ahora bien, como es una línea monofásica y los conductores son de poliolefina (Z1) equivalentes a PVC a efectos de cálculo se utilizará la columna 5 (2xPVC), siendo la Intensidad máxima admisible para los conductores de 1,5 mm² en este caso de 15 A.

B		Conductores aislados en tubos ⁽²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC			3	2x PVC
B2		Cables multiconductores en tubos ⁽²⁾ en montaje superficial o empotrado en obra				3x PVC	2x PVC			
C		Cables multiconductores directamente sobre pared ⁽³⁾								3x PVC
E		Cables multiconductores al aire libre ⁽⁴⁾ . Distancia de la pared no inferior a 0,3D								
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁽⁴⁾ . Distancia de la pared no inferior a D ⁽⁵⁾ .								
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁽⁵⁾ .								4
		mm²	1	2	3	4	5			
	1	1,5 2,5	11 15	11,5 16	13 17,5	13,5 18,5	15 21			

↑ **Figura 5.18.**

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 perforada, siendo la longitud de la línea de 15 m. Calcula la sección de los conductores y la protección de los mismos. (Nota: para cables en bandeja perforadas se utiliza la **fila F**, ver punto⁽⁴⁾ tabla 1 ITC BT-19).



3.4. Consideraciones para el cálculo de conductores enterrados

En cuanto a conductores enterrados el proceso es el mismo únicamente hay que tener en cuenta principalmente las tablas 4 y 5 de la ITC-BT 07.

INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE, EN AMPERIOS PARA CONDUCTORES DE ALUMINIO EN INSTALACIÓN ENTERRADA (TABLA 4 ITC-BT 07)							INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE, EN AMPERIOS PARA CONDUCTORES DE COBRE EN INSTALACIÓN ENTERRADA (TABLA 5 ITC-BT 07)						
SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares ⁽¹⁾⁽²⁾			1 Cable tripolar o tetrapolar ⁽³⁾			SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares ⁽¹⁾⁽²⁾			1 Cable tripolar o tetrapolar ⁽³⁾		
	Tipo de aislamiento							Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC		XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76	6	72	70	63	66	64	56
25	125	120	110	115	110	98	10	96	94	85	88	85	75
35	150	145	130	140	135	120	16	125	120	110	115	110	97
50	180	175	155	165	160	140	25	160	155	140	150	140	125
70	220	215	190	205	220	170	35	190	185	170	180	175	150
95	260	255	225	240	235	210	50	230	225	200	215	205	180
120	295	290	260	275	270	235	70	280	270	245	260	250	220
150	330	325	290	310	305	265	95	335	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300	120	380	375	335	355	350	305
240	430	420	380	405	395	350	150	425	415	370	400	390	340
300	485	475	430	460	445	395	185	480	470	420	450	440	385
400	550	540	480	520	500	445	240	550	540	485	520	505	445
500	615	605	525	-	-	-	300	620	610	550	590	565	505
630	690	680	600	-	-	-	400	705	690	615	665	645	570
							500	790	775	685	-	-	-
							630	885	870	770	-	-	-

XLPE (Polietileno reticulado) T^º máx en el conductor 90 °C, EPR (Etileno propileno) T^º máx en el conductor 90 °C, PVC (policloruro de vinilo) T^º máx en el conductor 70 °C. (1) Incluye el conductor neutro, si existe. (2) Para cables unipolares, la I_{máx} será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento multiplicada por 1,225. (3) Para el caso de cable bipolar, la I_{máx} será la correspondiente a la columna de un cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento multiplicada por 1,225.

↑ **Tabla 5.8.** Intensidades máximas admisibles para cables de aluminio y de cobre en instalaciones enterradas.

En este caso ya se conoce el tipo de montaje (enterrados) con lo cual únicamente deberemos ir a la columna correspondiente en función del aislamiento y, si los cables son unipolares o multiconductores (mangueras), hay que tener en cuenta que si la manguera es bipolar (dos conductores o bien dos conductores más conductor de protección) la I_{máx} se calcula en la columna de manguera tripolares o tetrapolares de la misma sección y aislamiento pero multiplicando por 1,225. Igualmente habrá que multiplicar por 1,225 si en vez de enterrar una terna (3 cables unipolares) se realiza una canalización enterrada de 2 cables unipolares.

En definitiva si, por ejemplo, se utiliza un manguera monofásica (2 conductores con TT o sin TT) enterrado en una zanja tipo **DZ1-K 0,6/1 kV 2x50 (AS)**, el material es cobre, el aislamiento es de etileno propileno (D), es decir, tipo **EPR** en una manguera de 2 conductores de cobre flexible (clase 5) de 50 mm² con cubierta de poliolefina (Z1), ahora bien, al ser de tipo manguera miramos en la tabla 5 de la ITC-BT 07 en la columna de **1 cable tripolar o tetrapolar**, aislamiento EPR,

saber más

Las tablas del reglamento, tanto la de conductores al aire (ITC-BT 19) como las de conductores enterrados (ITC-BT 07) son genéricas, en el sentido del tipo de aislamiento, indicando únicamente tres tipos, XLPE (polietileno reticulado, EPR (Etileno propileno) y PVC (policloruro de vinilo). Sin embargo existen una gran variedad de aislamientos, de forma que para los no reflejados en las tablas se debe buscar su equivalente, es decir, todos aquellos de tipo plástico **termoestables** son de tipo XLPE, los aislamientos de **goma**, como por ejemplo goma de silicona (S), estireno-butadieno (R), etc., son tratados de tipo EPR, y los **termoplásticos** como por ejemplo la poliolefina (Z1) son de tipo PVC.



recuerda

El termino (AS) significa seguridad aumentada. En la fabricación de cables se utiliza para designar al material que se emplea como aislamiento o cubierta debido a que dicho material no es propagador de llama y de baja emisión de humos y gases corrosivos.

La utilización de éstos 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.

sección 50 mm^2 y obtenemos un valor de $I_{\text{máx}}$ de 205 A , este valor debe ser modificado al ser un cable de dos conductores multiplicando por $1,225$, siendo ahora el valor de la $I_{\text{máx}}$ de:

$$I_{\text{máx}} = 205 \cdot 1,225 = 251,12 \text{ A}$$

Factores de corrección

Por ir bajo tubo: otro factor de corrección empleado es cuando los conductores se entierran bajo tubo, en tal caso el factor de corrección es de $0,8$. Por ejemplo, si una manguera tetrapolar RV-K $0,6/1 \text{ kV } 4 \times 35$ va enterrada en una zanja bajo tubo, su $I_{\text{máx}}$ se ve reducida a:

$$I_{\text{máx}} = 180 \cdot 0,8 = 144 \text{ A}$$

Dato que deberemos tomar ahora como $I_{\text{máx}}$ de este cable.

EJEMPLO

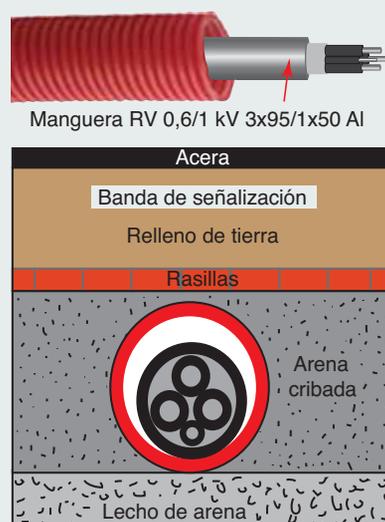
Se va a realizar una canalización enterrada en una acera mediante una manguera de 4 conductores (cable tetrapolar 3 fases + Neutro) tipo RV $0,6/1 \text{ kV } 3 \times 95/1 \times 50 \text{ Al}$ bajo tubo, es decir, con conductores de aluminio cuya sección de las fases es de 95 mm^2 y la sección del neutro de 50 mm^2 según muestra la figura 5.20. Se pide determinar la intensidad máxima admisible de los conductores ($I_{\text{máx}}$).

Solución:

Para ello localizamos (según los pasos a seguir mostrados en la figura 5.21) la sección de los conductores de fase y obtenemos una $I_{\text{máx}}$ de 240 A , que al ir bajo tubo se reduce a $240 \cdot 0,8 = 192 \text{ A}$, valor que es el se tiene que tener en cuenta a efectos de cálculos de $I_{\text{máx}}$.

caso práctico inicial

Los conductores para alumbrado público enterrados deben ir siempre bajo tubo para canalizaciones subterráneas, y se situará siempre una banda de señalización que advierta la existencia de cables de alumbrado exterior.



↑ Figura 5.20.

IMÁX. PARA CABLES DE ALUMINIO (TABLA 4 ITC-BT 07)			
SECCIÓN NOMINAL mm ²	1 Cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento		
	XLPE	EPR	PVC
16	90	86	76
25	115	110	98
35	140	135	120
50	165	160	140
70	205	220	170
95	240	235	210
120	275	270	235

↑ Figura 5.21. Ejemplo de utilización de las tablas para conductores enterrados.

Por profundidad de la zanja: debido a que a medida que aumenta la profundidad de los cables, éstos refrigeran menos las Intensidades máximas admisibles ($I_{\text{máx}}$), están calculadas para zanjas a una profundidad de 70 cm sin embargo se debe realizar una corrección de dichas intensidades si la profundidad de la zanja es diferente, dichos factores de corrección los encontramos en la tabla 9 de la ITC-BT

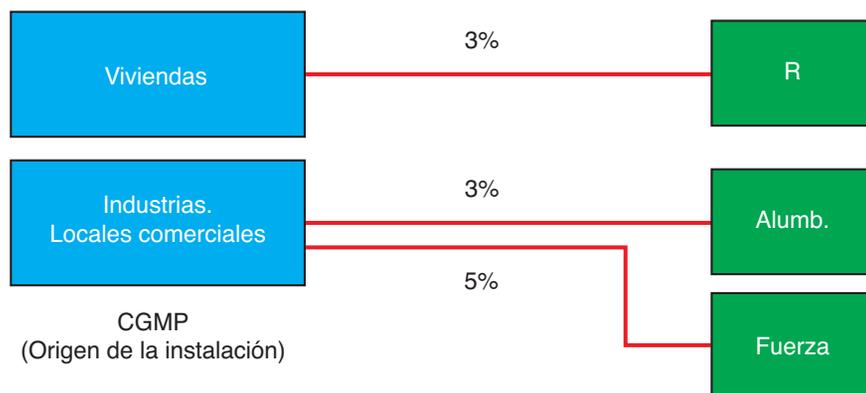


07, es decir, por ejemplo, para una terna de 3 cables unipolares de aluminio de 16 mm^2 con aislamiento de PVC, la $I_{\text{máx}}$ es de 86 A, si la zanja es de 50 cm se multiplicará por 1,02 y si la zanja fuese de 1,2 m se multiplicará por 0,95 siendo ahora los valores de:

$$I_{\text{máx}} = 86 \cdot 1,02 = 87,72 \text{ A y de } 86 \cdot 0,95 = 81,7 \text{ A respectivamente.}$$

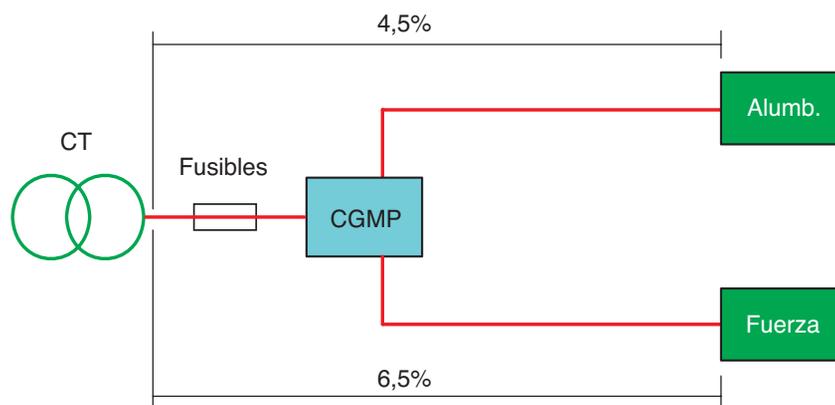
3.5. Otras consideraciones para el cálculo de secciones

a) En **Instalaciones interiores** (a partir del C.G.M.P.) la c.d.t. será del 5% para circuitos de fuerza y del 3% para alumbrado, excepto en instalaciones en **viviendas** en las cuales para todos los circuitos será del 3%. Así mismo los conductores en estas líneas **siempre** serán de **cobre**.



↑ **Figura 5.22.** Esquema de c.d.t.

Para instalaciones que se alimenten 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.



Nota: Las c.d.t. se pueden repartir entre las diferentes líneas desde el CT hasta los receptores siempre y cuando no superen los valores establecidos del 4,5% para alumbrado y el 6,5% para fuerza

↑ **Figura 5.23.** Esquema de c.d.t. establecidas para alimentación desde CT propio.

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

saber más

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. Para entender este concepto podemos imaginar un pequeño taller con dos obreros en que se instala una línea de alimentación a un cuadro del cual parten a su vez 4 líneas que alimentan 4 máquinas. En este caso es fácil entender que las cuatro máquinas no estén funcionando a la vez. Por tanto, si se calcula la línea de alimentación para la potencia total, se está sobredimensionado, motivo por el cual se estima un **coeficiente de simultaneidad** en función de la potencia instalada y el uso de ésta, es decir, si por ejemplo la potencia total de las máquinas es de 10 kW, en función del uso dado por el usuario y considerando una utilización racional de los aparatos podríamos estimar, por ejemplo, un 60% de utilización, siendo la potencia de cálculo de $10 \cdot 0,6 = 6 \text{ kW}$.

recuerda

Para el cálculo de secciones de líneas que alimentan a motores, hay que tener en cuenta que éstos suelen expresar su potencia Caballos de Vapor (CV) y la relación entre un CV y la potencia en vatios es de: $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$, pero también podemos encontrar en la placa de características el valor de Caballos de Fuerza (HP) cuya equivalencia en vatios es de: $1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$.



caso práctico inicial

El factor de potencia ($\cos \varphi$) de cada lámpara de alumbrado público debe ser de 0,9, y la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación será menor del 3%.

saber más

Según la guía Técnica de aplicación al REBT

Los conductores deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y el de protección. Esta identificación se realiza por los colores que representen sus aislamientos, es decir, los colores de fase en monofásica negro, marrón, y el gris como color para identificación de circuitos, o como fase en distribución trifásica, el azul claro para el neutro y el verde/amarillo 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, por ejemplo, mediante un señalizador o argolla, una etiqueta, etc. en cada extremo del cable.

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 obligatorio la compensación del factor de potencia a un valor mínimo de 0,9.

d) **Cables fijados sobre las paredes.** Éstos 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 éstas. 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, de oficinas, etc. Dicha reducción la podemos ver en la tabla 1 de la ITC-BT 14. Según lo prescrito en dicha tabla para una de estas líneas a las que se ha calculado una sección de 150 mm² podremos utilizar un conductor neutro de 95 mm².

f) **La norma UNE 20460-5-523.** Habrá que tenerla 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.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación	Secciones mín. 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.

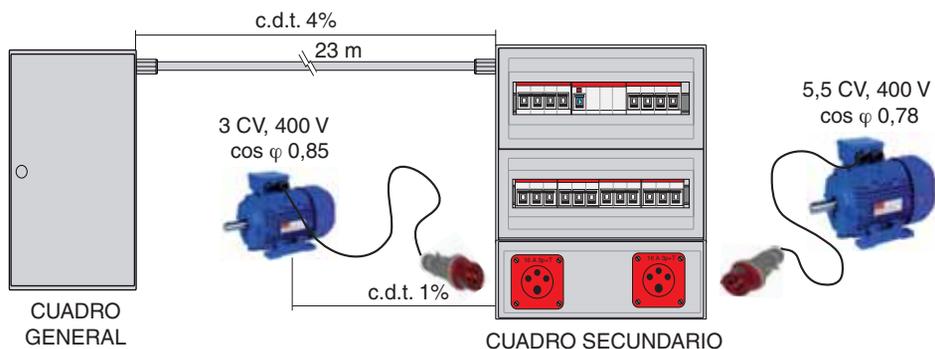
↑ **Tabla 5.9.** Determinación del conductor de protección en función de los conductores de fase (tabla 2 ITC-BT 19).

Podemos resumir esta tabla teniendo en cuenta que si, por ejemplo, obtenemos para tres líneas unas secciones de 6 mm², 25 mm² y 95 mm², las secciones del conductor de protección serán de 6 mm², 16 mm² y 50 mm² respectivamente.



3.6. Reparto y de caídas de tensión real

Un punto a tener en cuenta en el cálculo de secciones es el reparto de la c.d.t., para entender esto supongamos un ejemplo de una línea de alimentación de un cuadro secundario de una industria, del cual parten a su vez dos líneas que alimentan 2 motores, y se destina una potencia adicional de 1832 W para dos bases trifásicas industriales, tal como muestra la figura 5.24.



↑ Figura 5.24. Ejemplo de reparto de c.d.t.

Según el REBT la c.d.t. desde el CGMP hasta los receptores será del 5%, de forma que inicialmente establecemos arbitrariamente un 4% desde el CGMP hasta el cuadro secundario, y un 1% desde el cuadro secundario hasta cada uno de sus receptores, si realizamos los cálculos:

$$PT = 1.832 + (3 \cdot 736) + (5,5 \cdot 1,25) \cdot 736 = 9,1 \text{ kW}$$

Establecemos igualmente un factor de potencia ($\cos \varphi$) arbitrario, por ejemplo, de 0,8 con lo cual la intensidad demandada será de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{9.100}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 16,4 \text{ A}$$

Calculamos la sección de la línea que alimenta al cuadro secundario por c.d.t., siendo ésta de:

$$S = \frac{P \cdot L}{K \cdot e \cdot V} = \frac{9.100 \cdot 23}{56 \cdot 16 \cdot 400} = 0,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

Para cables multiconductores de PVC bajo tubo, según la tabla 1 ITC-BT 19 un cable de $1,5 \text{ mm}^2$ tiene una $I_{\text{máx}}$ de 13 A, intensidad menor que la demandada con lo que debemos utilizar en un principio un conductor de $2,5 \text{ mm}^2$, el cual tiene una $I_{\text{máx}}$ de 17,5 A, ahora bien, entre 16,4 A y 17,5 A no hay protección normalizada lo que nos obliga a subir la sección a 4 mm^2 cuya $I_{\text{máx}}$ es de 23 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:

$$e = \frac{9.100 \cdot 23}{56 \cdot 4 \cdot 400} = 2,33 \text{ V} \rightarrow 0,58\% \text{ de } 400 \text{ V}$$

Con lo cual, disponemos 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, de una caída de tensión de:

$$5 - 0,58 = 4,42\%$$

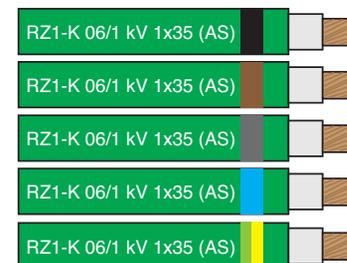
Y no el 1% establecido inicialmente.

saber más

Para la identificación de conductores pueden usarse diversos métodos: cinta aislante del color que identifique los conductores, anillas, o incluso medios más sofisticados como rotuladoras electrónicas, que permiten programar la identificación que será impresa en una cinta adhesiva.



↑ Figura 5.25. Anillas para la identificación de conductores.



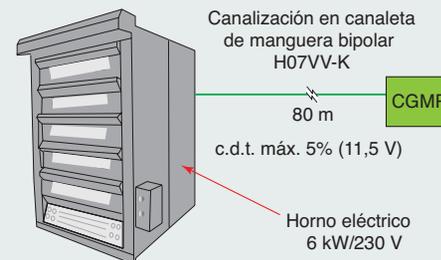
↑ Figura 5.26. Ejemplo de marcado de cables unipolares de 0,6/1 kV con cinta aislante que identifica en los extremos las fases, neutro y conductor de protección.



EJEMPLOS

■ En una panadería se instala un horno de 6 kW/230 V situado a 80 m del CGMP. Para ello se tiende una línea bipolar de cobre, aislado con PVC e instalado bajo una canaleta en montaje superficial. (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 realizara la instalación en las siguientes condiciones:

- $S = 6 \text{ mm}^2$; Protección = 32 A
- $S = 10 \text{ mm}^2$; Protección = 32 A
- $S = 6 \text{ mm}^2$; Protección = 40 A



↑ Figura 5.27.

Solución:

a) La sección de 6 mm² produce una caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot 80 \cdot 6.000}{56 \cdot 6 \cdot 230} = 12,4 \text{ V}$$

Por tanto, supera un poco la c.d.t. máxima permitida, pero el cable está protegido pues $I_{\text{máx}} = 32 \text{ A}$.

Si bien 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 $I_{\text{máx}} = 44 \text{ A}$.

Si bien la elección es correcta, 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 12,4 V.

Por tanto supera un poco la c.d.t. máxima permitida, y el cable no está protegido pues $I_{\text{máx}} = 32 \text{ A}$.

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.

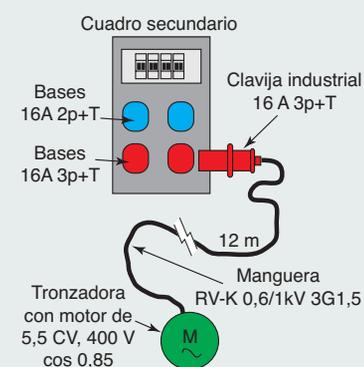
■ Se desea instalar una toma de corriente trifásica para alimentar una tronzadora con motor de 5,5 CV $\cos \varphi = 0,85$, siendo la instalación mediante una manguera tipo RV-K 0,6/1 kV (aislamiento de polietileno reticulado XLPE y cubierta de PVC) de 3 fases + TT. La línea parte de un cuadro secundario y tiene una longitud de 12 m, estableciendo en este caso una c.d.t. del 1%.

Solución:

Al ser un motor se establece para cálculo de sección un 1,25 de la potencia total.

a) Cálculo por c.d.t.

$$S = \frac{5,5 \cdot 736 \cdot 1,25 \cdot 12}{56 \cdot 4 \cdot 400} = 0,67 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$



↑ Figura 5.28.



b) Cálculo por $I_{\text{máx}}$.

$$I = \frac{5,5 \cdot 736 \cdot 1,25}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 8,6 \text{ A}$$

En este caso comprobamos en la tabla fila C 3xXLPE columna 8 y comprobamos que el cable de $1,5 \text{ mm}^2$ tiene una $I_{\text{máx}}$ de 18 A, ahora bien, entre 8,6 y 18 A existen protecciones pudiendo utilizar una protección de 10 ó 16 A.

■ Se desea instalar en una zanja una línea que alimenta a un edificio utilizando una terna de cables de cobre unipolares, más el conductor neutro tipo RZ1-K 0,6/1kV (AS) bajo tubo, siendo la alimentación trifásica a 230/400 V con una potencia total del edificio de 150 kW y se establece un $\cos \varphi = 0,9$. La longitud total de la línea es de 14,4 m. La c.d.t. establecida para esta línea es del 0,5%. Considerar la conductividad del conductor para su máxima T^{a} de funcionamiento.

Solución:

Como podemos apreciar, utilizamos conductores unipolares con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de poliolefina (Z1), con tensión nominal de 0,6/1 kV, enterrados y bajo tubo, motivo por el cual aplicaremos un coeficiente de reducción a la $I_{\text{máx}}$ de 0,8. En este caso debemos utilizar la tabla 5 de la ITC-BT 07 debido a que se trata de una instalación enterrada.

a) Cálculo por c.d.t.

En este caso se va a considerar la conductividad del conductor a la temperatura máxima de trabajo, de forma que para un aislamiento XLPE la T^{a} es de $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ siendo la conductividad del cobre para este caso $k_{90^{\circ}\text{C}} = 44 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$, (ver tabla 5.5), por tanto:

$$S = \frac{150.000 \cdot 14,4}{44 \cdot 2 \cdot 400} = 61,3 \rightarrow 70 \text{ mm}^2$$

b) Cálculo por $I_{\text{máx}}$.

$$I = \frac{150.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 240,56 \text{ A}$$

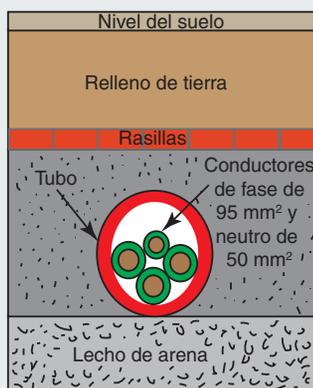
En este caso consultamos la tabla 5 de la ITC-BT 07, de forma que una terna de cables XLPE de 70 mm^2 tiene una $I_{\text{máx}}$ de 280 A, ahora bien, al ir bajo tubo aplicamos un coeficiente de reducción a la $I_{\text{máx}}$ de 0,8 obteniendo un valor de:

$$I_{\text{máx}} = 280 \cdot 0,8 = 224 \text{ A}$$

Valor que es inferior a los 240,56 A que demanda la instalación, esto nos obliga a subir la sección a 95 mm^2 siendo su $I_{\text{máx}}$ con el coeficiente de reducción incluido de:

$$I_{\text{máx}} = 335 \cdot 0,8 = 268 \text{ A}$$

En este caso las protecciones serán fusibles, y encontrando entre 240,56 A que demanda la instalación y 268 A que aguanta el conductor un fusible de protección de 250 A.



↑ **Figura 5.29.** Colocación de tubos y conductores en montaje subterráneo.

Nota: como veremos en un tema posterior las líneas generales de alimentación a edificios pueden reducir la sección del neutro de forma que para este caso, para una sección de conductores de fase de 95 mm^2 se puede reducir la sección del neutro a 50 mm^2 (Ver tabla 1 ITC-BT 14)

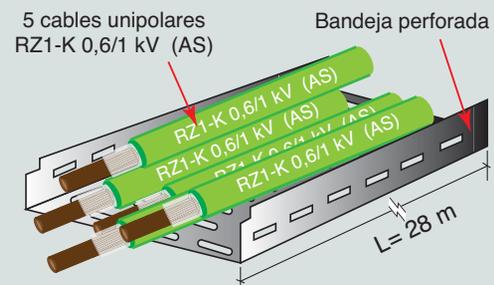


ACTIVIDADES FINALES

- 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) tipo RZ1-K 06/1kV (AS), siendo la longitud de dicha línea 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 400 V, $\cos \varphi = 0,85$ y se establece para el cálculo de c.d.t la temperatura máxima de trabajo, siendo la conductividad $k_{90^\circ\text{C}} = 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (conductores XLPE).

Igualmente establece la reducción de la sección del conductor de protección según la tabla 2 de la ITC-BT 19.



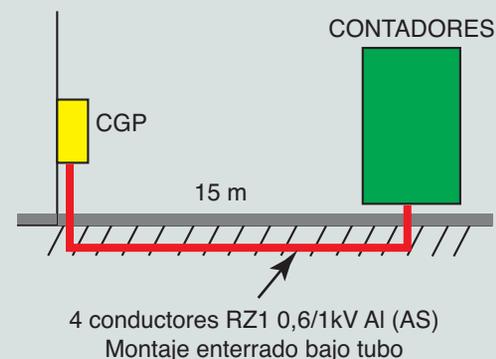
Nota: para la $I_{m\acute{a}x}$ de conductores unipolares en canalizaciones en bandejas perforadas se considera el grupo F de la tabla 1 del la ITC-BT 19

↑ Figura 5.30.

- 2. Un edificio de viviendas se alimenta por 4 conductores unipolares de aluminio (3 fases + Neutro) tipo RZ1 0,6/1kV Al (AS) en montaje enterrado, estableciéndose una c.d.t del 0,5 %, siendo la potencia total del edificio de 130 kW, tensión de 400 V, $\cos \varphi = 0,85$ y una longitud de 15 m, estableciéndose para el cálculo de la c.d.t. la temperatura máxima de trabajo, siendo la conductividad $k_{90^\circ\text{C}} = 28 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (conductores de aluminio XLPE).

Se pide:

- La sección de los conductores de fase.
- La reducción del conductor neutro (ver tabla 1 ITC-BT 14).



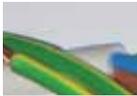
↑ Figura 5.31.

- 3. Una línea compuesta por 4 conductores (3 fases + TT), que parte de un cuadro general hasta un cuadro secundario bajo tubo, en montaje superficial alimenta 4 motores cuyas características son las siguientes:
- M1 = 1,5 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,88$.
M2 = 2 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,85$.
M3 = 11 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,78$.
M4 = 7,5 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,87$.

Siendo la distancia de dicha línea 50 m, se pide:

Determinar el tipo de conductor, calcular su sección 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 determinar la c.d.t. real de dicha línea.

- 4. Calcula la sección de una manguera monofásica tipo RV-K 0,6/1kV grapada destinada a alimentar un circuito de alumbrado compuesto por 4 lámparas de descarga de 125 W/230 V, siendo la distancia de 25 m.
- 5. Una línea monofásica compuesta por 3 conductores tipo H07V-K (Fase + Neutro + TT) se canaliza bajo tubo en montaje empotrado destinada a alimentar 6 focos halógenos de 1000 W/ 230 V siendo la distancia de 40 m. Se pide calcular la sección de dichos conductores.



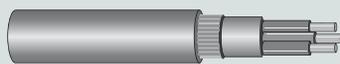
- 6. Realiza la designación de los conductores representados en la figura 5.32.

a) Manguera de 450/750 V



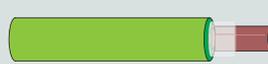
5 conductores
(3 fases+Neutro+TT)
de cobre 2,5 mm²
Extraflexible clase 6
Aislamiento de PVC
Cubierta de goma
de silicona

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 90 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 5.32.

entra en internet

- 7. A través del buscador web, busca la página del fabricante de conductores eléctricos **ESCA** y recopila información sobre características y aplicaciones de conductores libres de halógenos, cables especiales para altas temperaturas, cables de energía, y cables de goma.

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:
a) 0,5% b) 3% c) 1,5% d) 5% e) 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 éste no se protege mecánicamente?
a) 4 mm² b) 2,5 mm² c) 6 mm² d) 1,5 mm²
 - ¿Cuál será la máxima c.d.t. en una industria que posee su propio transformador de Media a Baja Tensión?
a) 5% b) 4,5% c) 3% d) 1% e) 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:
a) 4,5 % b) 6,5% c) 3% d) 5%
 - En una línea el conductor de fase es de 50 mm². ¿Cuál será la sección del conductor de protección?
a) 16 mm² b) 50 mm² c) 25 mm² d) 35 mm²
 - En instalaciones eléctricas de interiores los conductores deberán ser de:
a) Únicamente de cobre. b) De cobre o aluminio. c) De aleaciones de cobre.
 - Para el cálculo de la c.d.t. de instalaciones interiores, se tomará:
a) Desde la línea de distribución. b) Desde el origen de la instalación interior o CGMP.
c) Desde el cuadro de contadores.



PRÁCTICA PROFESIONAL

MATERIAL

- Para el cuadro de protección y control: un IGA de 2x20 A, un interruptor diferencial de 4x25 A/300 mA, cuatro interruptores automáticos de 2x10 A y dos interruptores horarios de esfera.
- Un interruptor crepuscular no libre de potencial.
- 2, 5 m de manguera de tres conductores (fase+N+T).
- Cuatro cajas de derivación de 100x100.
- Accesorios: Abrazaderas, carril DIM, regletas de conexión y cuatro lámparas.

Cálculo de secciones de una instalación de alumbrado público y montaje de la instalación

OBJETIVO

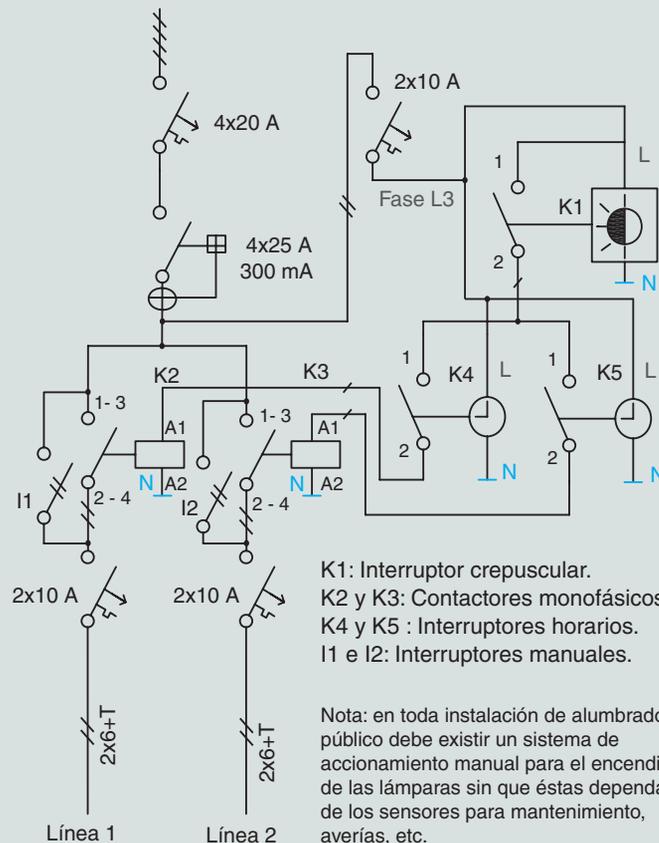
Realizar el montaje que resuelve el Caso Práctico planteado al principio de esta unidad.

DESARROLLO

El instalador electricista determinará el tipo de cable a utilizar en función de la instalación, así como las protecciones y equipos de control.

La instalación eléctrica a montar, como solución al Caso Práctico Inicial se realizará:

- Montando un cuadro de protección y control sobre carril DIM y externamente se instalará un interruptor crepuscular.
- Se canalizaran dos líneas independientes en mangueras, de forma que las farolas conectadas a la línea 1 se encenderán siempre que no haya luz solar de 16:00 h hasta las 8:00 h, y la línea 2 de 16:00 h hasta la 1:30 h.



↑ Figura 5.33. Esquema del cuadro de protección y control.

1. Cálculos de la instalación.

Inicialmente determinamos el tipo de conductor de forma que al ir enterrado y al ser de alumbrado público será de 0,6/1 kV y de cobre (según la ITC-BT 09), en este caso utilizamos mangueras tipo RV-K 0,6/1 kV.

Las lámparas son de descarga con lo cual se tiene que multiplicar por 1,8. En cuanto a la c.d.t. será del 3%. Y se calcula un total de 8 farolas por línea con lámparas de 125 W.

Cálculo por c.d.t de cada línea

$$S = \frac{2 \cdot 8 \cdot 125 \cdot 1,8 \cdot 90}{56 \cdot 6,9 \cdot 230} = 3,64 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{6 \text{ mm}^2}$$

(Se utilizará cable de 6 mm² ya que es la sección mínima en canalizaciones enterradas)

Cálculo por Imáx de cada línea

$$I = \frac{8 \cdot 125 \cdot 1,8}{230 \cdot 0,9} = 8,69 \text{ A}$$

Según la tabla 5 de la ITC-BT 07 (cables multiconductores XLPE) para conductores de 6 mm², la I_{máx} es de:

$$I_{máx} = 66 \cdot 0,8 \text{ (bajo tubo)} \cdot 1,225 \text{ (monofásico)} = 64,68 \text{ A}$$

Intensidad muy superior a la demandada, con lo que utilizaremos protecciones de 2x10 A, IGA de 4x20 A, diferencial de 4x25 A/300 mA, y contactores de 20 A con el fin de no hacer pasar la corriente demandada por el interruptor crepuscular y los interruptores horarios.

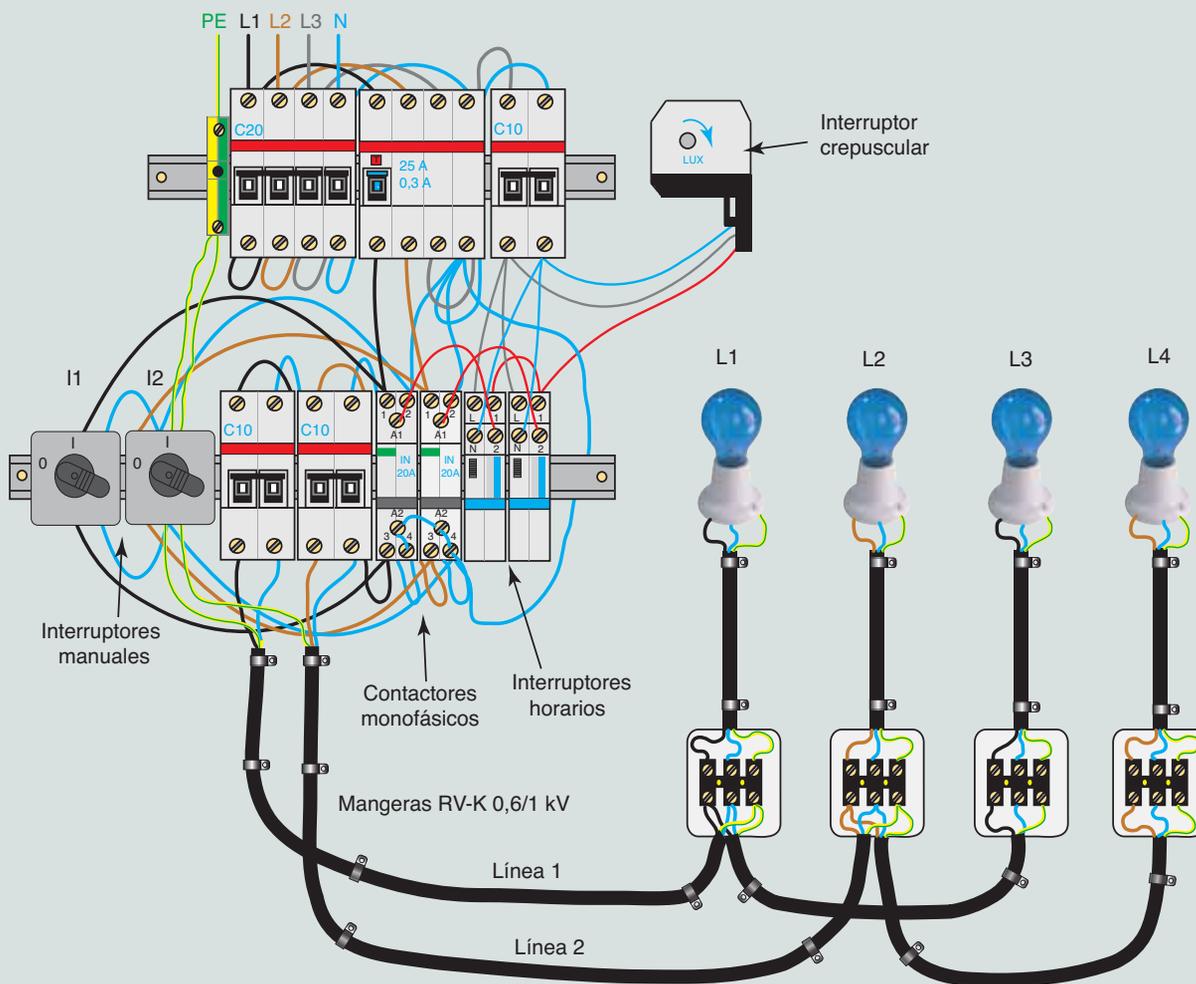
Nota: según dicha tabla, la nota (3) de la tabla 5 ITC-BT 07 especifica que para cables bipolares, es decir, monofásicos se utilizan los mismos que los trifásicos pero multiplicando por 1,225 la I_{máx}, es decir, la I_{máx} es corregida a mayor aguante.

2. Realiza el montaje práctico.

Para ello simplifica la instalación utilizado únicamente cuatro lámparas (dos por línea).

I _{máx} para cables de cobre (Tabla 5 ITC-BT 07)			
SECCIÓN NOMINAL mm ²	1 Cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento		
	XLPE	EPR	PVC
6	66	64	56
10	88	85	75
16	115	110	97
25	150	140	125

↑ Figura 5.34.



↑ Figura 5.35.



MUNDO TÉCNICO

Cables libres de halógenos (cables de alta seguridad)

Antecedentes

Ha quedado constatado tras diversas investigaciones que un gran número de accidentes mortales producidos en un incendio tienen sus causas en los materiales aislantes habitualmente utilizados en los conductores, debido a dos causas principales, la propagación de llama y la emisión de humos con alto contenido de monóxido y dióxido de carbono y ácido clorhídrico.

Debido a esta circunstancia, en caso de incendio los conductores convencionales no solo propagan el fuego, sino que a su vez la emisión de dichos gases pone en peligro la vida de las personas.

Debido a esta circunstancia el nuevo Reglamento de Baja Tensión del 2002 contempla la utilización de cables especiales denominados «libres de halógenos» compuestos a base de poliolefina (Z1), la diferencia entre este material y un cable convencional de PVC es sustancial, debido a que la emisión de monóxido y dióxido de carbono y ácido clorhídrico es inferior a un 0,5% en estos materiales frente a un 30% aproximadamente en los cables de PCV.

En cuanto a la opacidad de humos, un cable convencional de PVC desprende un humo negro y espeso a diferencia de los cables libres de halógenos que desprenden un humo casi transparente.

Esta característica permite limitar la contribución de los cables a los humos generados en un incendio, reduciendo por tanto los riesgos por inhalación de gases que ha quedado demostrado ser la principal causa de mortalidad en los incendios.

Tipos de cables de alta seguridad

Cables resistentes al fuego: son aquellos cables que mantienen el servicio durante y después de un fuego prolongado, a pesar de que durante el fuego se destruyan los materiales orgánicos del cable.

Cables no propagadores del incendio: son aquellos que no propagan el fuego a lo largo de la instalación, ya que se autoextinguen cuando la llama que les afecta se retira y apaga.

En cualquiera de los dos tipos, en caso de incendio ambos poseen una emisión de gases opacos y de gases halógenos y corrosivos muy reducida.

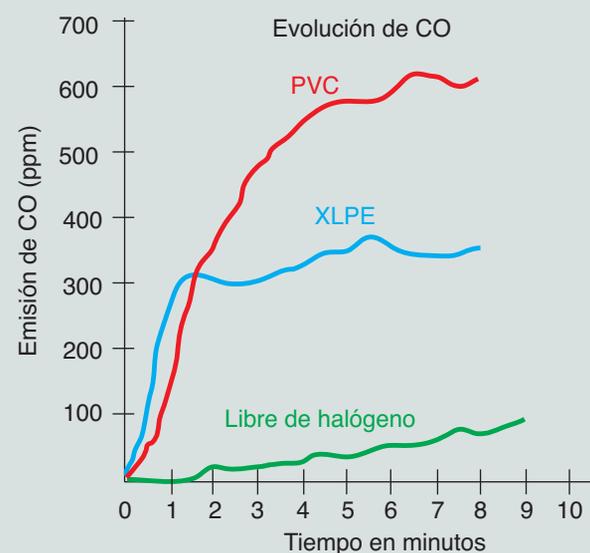
Instalaciones que requieren cables libres de halógenos

El REBT establece la obligatoriedad de la utilización de estos cables en las siguientes instalaciones:

- Las líneas generales de alimentación de edificios de viviendas, locales comerciales y oficinas.
- Las derivaciones individuales que parten del cuadro de contadores hasta los cuadros generales de mando y protección.
- Las Instalaciones en locales de pública concurrencia, tales como cines, teatros, discotecas, bares, centros sanitarios, etc.

En resumen todos aquellos locales donde haya una posible concentración de personas.

Gráfica comparativa de emisión de monóxido de carbono (CO) entre cables libres de halógenos, XLPE y PVC



La evolución de monóxido de carbono (CO) es lenta y reducida en los cables libres de halógenos.

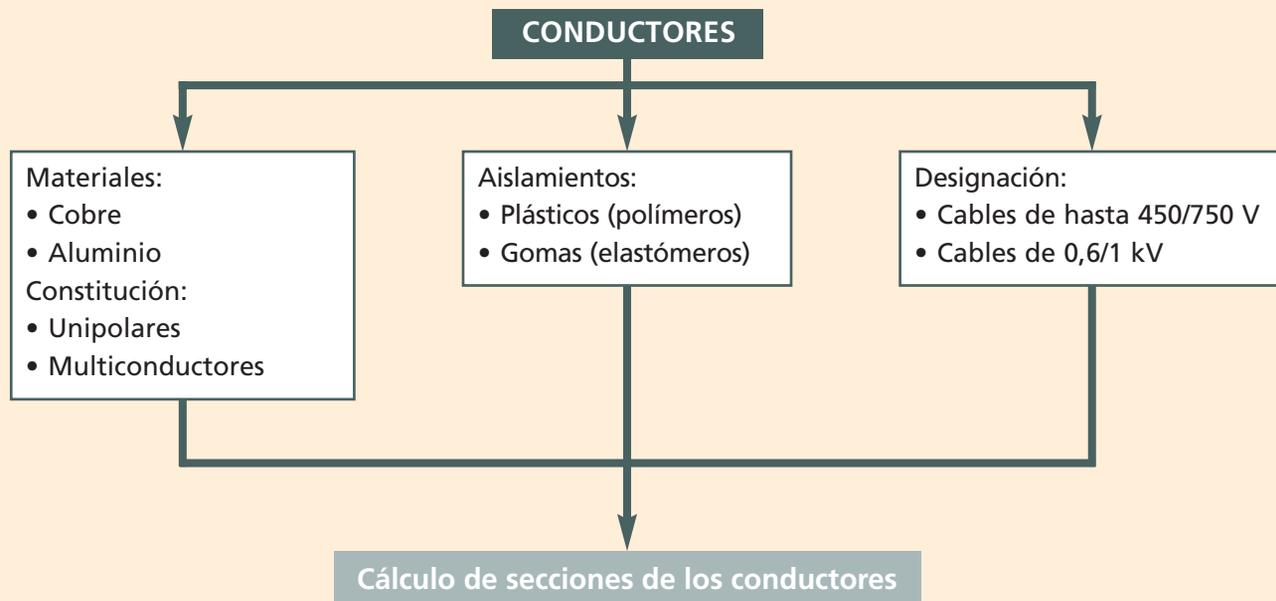
Según diferentes estadísticas indican, los 3 ó 4 minutos iniciales son cruciales para evitar las víctimas ocasionadas por incendios.

1 ppm: equivale a 1 mg 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.



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Un cable rígido es aquél que siempre lleva un solo hilo.
 - Verdadero.
 - Falso.
- Para realizar la designación de los conductores se comienza desde la cubierta hasta el aislamiento que recubre el conductor.
 - Verdadero.
 - Falso.
- 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 y cubierta de PVC es:
H0_____
- Una línea con conductores de fase de 35 mm² puede reducir la sección del conductor de protección a 16 mm².
 - Verdadero.
 - Falso.
- La intensidad máxima admisible de conductores de una línea monofásica de la misma sección que una trifásica en cables enterrados será:
 - Mayor la monofásica que la trifásica.
 - Mayor la trifásica que la monofásica.
 - No importa el tipo de distribución.
- Los cables grapados sobre la pared podrán ser de tipo:
 - H05V-K
 - RV-K 0,6/1 kV
 - ES07Z1- K (AS)
- Para líneas que alimentan a edificios de viviendas locales comerciales y oficinas.
 - El neutro podrá reducirse.
 - El neutro no podrá reducirse.
- La conductividad de los conductores varía con la temperatura.
 - Verdadero.
 - Falso.

6

Canalizaciones y envolventes

vamos a conocer...

1. Canalizaciones
2. Trazado y canalización de conductores
3. Envolventes

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Montaje de una canalización estanca para alimentar dos máquinas industriales y mecanizado de un cuadro secundario

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Montaje de una canalización mediante bandejas perforadas

MUNDO TÉCNICO

Grados de protección IP IK

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 sobre las cajas de registro, cajas de mecanismos y cuadros de distribución.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

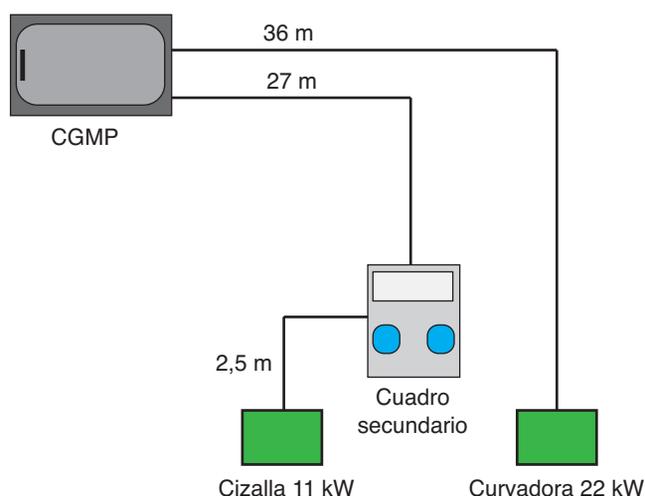
A un encargado de mantenimiento electricista en una planta industrial de construcción naval se le plantea la situación de realizar una nueva instalación para dos máquinas nuevas, una curvadora de chapa de 3 rodillos con motor de 22 kW y una cizalla de corte con motor de 11 kW. En función del ambiente industrial en el que trabaja el encargado de mantenimiento debe elegir las nuevas canalizaciones que parten del cuadro general hasta las nuevas máquinas, así como calcular las secciones y tipo de conductores.

El encargado de mantenimiento ha consultado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y observa que dicho local **no** está clasificado como de riesgo de incendio y explosión, y podrá realizar

una canalización **estanca** con tubos y cajas de registro de PVC con baja emisión de humos en montaje superficial.

Decide colocar un **Cuadro Secundario** para las protecciones de la cizalla junto con dos bases adicionales monofásicas de 16 A 2p+T schuko, dando una potencia adicional de 3,5 kW al total de dichas tomas, canalizando los conductores desde este cuadro a la cizalla mediante tubo **anillado** en montaje al aire.

Con lo cual el instalador calcula las distancias de dichas líneas, y determina las secciones de los conductores, así como los diámetros y características de los tubos, accesorios necesarios y elementos de trazado para la conexión de ambas máquinas.



Curvadora

Cizalla

↑ **Figura 6.1.** Esquema de montaje y máquinas del caso práctico inicial.

estudio del caso

Antes de empezar a estudiar esta unidad de trabajo puedes realizar la primera práctica inicial en una caja de registro de 100x100 mm de PVC para montaje superficial, buscando en el aula-taller los accesorios requeridos con el objeto de familiarizarte con los elementos que vas a ver en esta unidad. Después analiza los diferentes puntos de la unidad con el objetivo de contestar al resto de las preguntas.

1. Busca en el aula taller un racor y un maguito para tubo rígido de PVC de 25 mm, y acóplalo para que el tubo quede instalado en la caja de registro de montaje superficial de 100x100.
2. Si en una canalización bajo tubo de PVC rígido es necesario realizar una curva para adaptarse a un pilar del local. ¿Qué accesorios o método emplearías para realizar dicha curva?
3. Si por las condiciones de la instalación, desde el cuadro secundario hasta la curvadora se necesitase un cierto grado más elevado de protección mecánica, ¿qué sistema de tubos emplearías?
4. En caso de emplear una manguera desde la caja de registro hasta la cizalla, ¿qué características debe tener dicho cable?, y ¿qué accesorios utilizarías para la entrada de los cables a la caja de registro y a la máquina?



1. Canalizaciones

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 ha quedado derogada por norma con la entrada del nuevo reglamento del 2002, sin embargo se pueden seguir utilizando. Estos los podemos encontrar sobre todo en tubos helicoidales (anillados) 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.

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 de 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.



↑ Figura 6.2. Tubos corrugados.



Tubos anillados de plástico (tubos helicoidales)

También denominado **tubo Elecplas**. Estos tubos son de tipo **flexible** 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.



↑ **Figura 6.3.** Tubo anillado de plástico.

Tubos anillados 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 recubrimientos 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, éstos 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 6.4.** Tubos metálicos flexibles con y sin recubrimiento.

Tubos rígidos de plástico (Tubo 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 mismo 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. También su uso 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**, éstas pueden ser prefabricadas con materiales de obra al cual se le coloca un marco y tapa de fundición, o bien enteramente arquetas rectangulares de materiales termoplásticos con tapa ciega de alta resistencia.

TUBOS RÍGIDOS



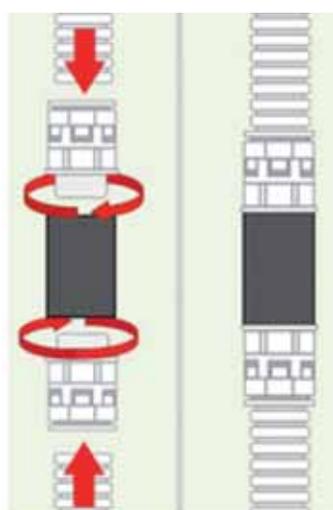
↑ **Figura 6.5.** Tubos rígidos de PVC y metálicos.



↑ **Figura 6.6.** Tubo y manguito de unión para canalizaciones enterradas.



↑ **Figura 6.8.** Ampliador de rosca, reductor de rosca y tapón metálico.



↑ **Figura 6.9.** Unión de tubos «anillados» mediante casquillo.

Accesorios para tubos

Son todos aquellos elementos que permiten la unión de tubos, conexión a las cajas y cuadros, curvas, etc., éstos 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 manguitos pueden ser enchufables o roscados. En el caso de tubos anillados, éstos 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 anillados (ver figura 6.9).



Racor enchufable de 25 mm para tubo PVC rígido



Racor PG21 (25 mm) para tubo anillado de PVC



Manguito enchufable de 32 mm para tubo de PVC rígido



Casquillo de unión de tubos anillados de 20 mm

↑ **Figura 6.7.** 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 6.10.** Curva y codo de 90° enchufables.

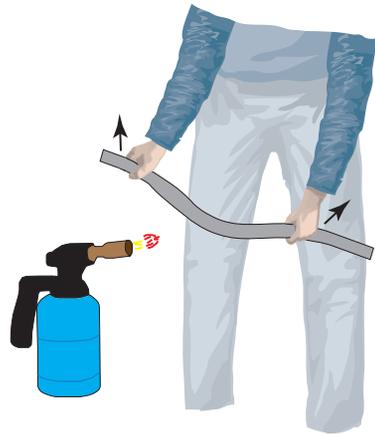
Curvado de tubos

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, y otro operario procede a utilizar el soplete o la pistola de aire caliente inyectando calor al tubo a una cierta distancia, siendo ésta la suficiente para que el tubo se ablande pero no llegue a quemarse, de forma que el operario

que sujeta el tubo realiza 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 doblar el tubo hasta obtener la curva deseada.

Nota: La llama en caso de utilizar soplete 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.

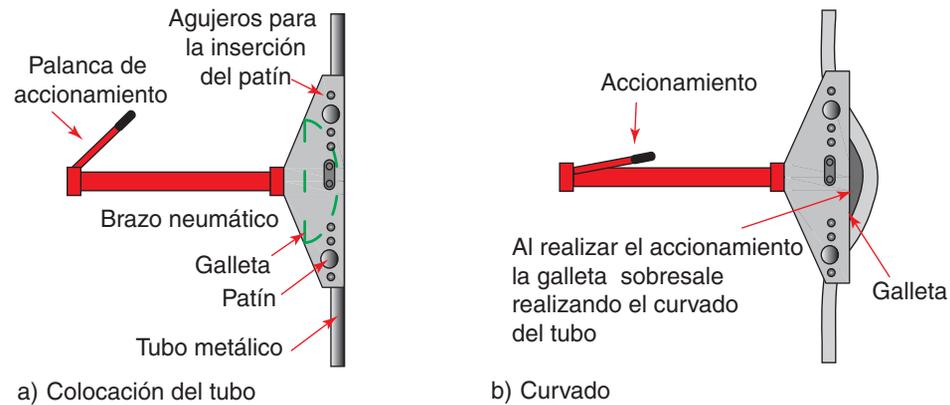
↑ **Figura 6.11.** Proceso de doblado de tubos de PVC rígido mediante soplete.

Curvado de tubos metálicos: para ello se emplean curvadoras **eléctricas** o **neumáticas** 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, seguidamente, 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 6.15.** Proceso de curvado de tubos metálicos con una curvadora neumática.



↑ **Figura 6.12.** Soplete y pistola o decapador de aire caliente empleados para el curvado de tubos en caliente.



↑ **Figura 6.13.** Curvadora eléctrica de tubos metálicos.



↑ **Figura 6.14.** Curvadora neumática de tubos rígidos



↑ **Figura 6.16.** Abrazaderas de plástico y metálicas.

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 el REBT ITC-BT 21, cuatro tipos de montajes de tubos, con tablas donde se indican las características y diámetros 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			
Montajes superficial y empotrado	Montajes al aire ⁽¹⁾	Montajes enterrados	
12	12	25	140
16	16	32	160
20	20	40	180
25	25	50	200
32	32	63	225
40	40	75	250
50		90	
63		110	
75		125	

(1) Se considera montaje «al aire» el realizado con tubo flexible metálico o de plástico en el que todo el trayecto, o parte de él, no se encuentra fijado a ninguna superficie.

↑ **Tabla 6.1.** Diámetro exterior de tubos normalizado para los diferentes tipos de montaje.

saber más

No todas las canalizaciones bajo tubo deben regirse exclusivamente por las tablas y prescripciones de la ITC-BT 21, ya que según el REBT hay canalizaciones como, por ejemplo, una canalización que parte del cuadro de contadores de un edificio de viviendas hasta una vivienda donde, independientemente de la sección de los cables, los tubos deben tener un diámetro mínimo y además permitir la ampliación de los cables instalados en un 100%.

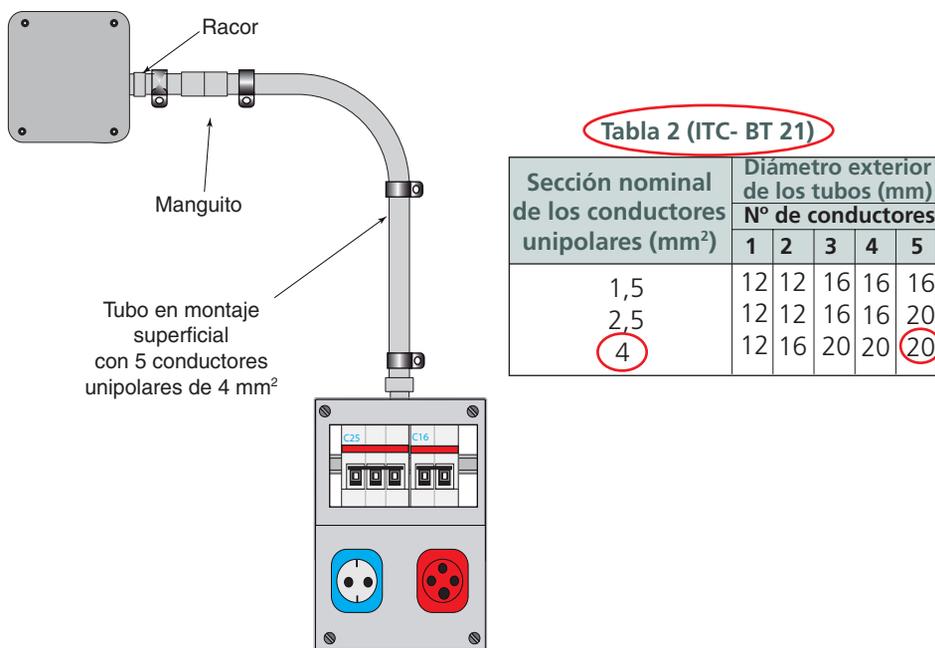
Montaje superficial: (tubos en canalizaciones fijas en superficie) donde los tubos que se suelen utilizar son rígidos o curvables (tubos anillados) en casos especiales. Para su cálculo se utiliza la tabla 2 de la ITC-BT21.

Montaje empotrado: este sistema hace referencia a todos los tubos empotrados en obras de fabrica (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 de plástico 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 6.19). Para su cálculo se usa la tabla 7 de la ITC-BT21.

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-BT21, teniendo en cuenta que solo se admite un solo circuito por tubo.

Una aplicación de estas tablas la encontramos en la figura 6.18, en la que se realiza una canalización de 5 conductores de 4 mm² (3 fases + N+ T) bajo tubo de PVC rígido en montaje superficial. Utilizando la tabla 2 de la ITC-BT 21, obtendríamos un tubo de 20 mm.



↑ Figura 6.18. Ejemplo de utilización de tablas de la ITC-BT 21 para el cálculo de diámetros de tubos.

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 6.17. Portaterrajás, terraja.

EJEMPLO

Se desea calcular el diámetro de dos tubos, uno parte de un Cuadro General de Mando y Protección de un taller a un Cuadro Secundario en una canalización bajo tubo metálico en *montaje superficial* utilizando 5 conductores unipolares (3 fases + N+T) tipo H07V-K 1x4, y otro en *montaje al aire* con tubo anillado metálico que alimenta una máquina con 4 conductores (3 fases + T) tipo H07V-K 1x2,5.

Solución

Para el primer tubo obtenemos su diámetro de la tabla 2 (montaje superficial) de la ITC-BT 21 donde para 5 conductores de 4 mm², el diámetro del tubo debe ser de **20 mm**. Para el tubo al aire que alimenta la máquina obtenemos su diámetro de la tabla 7, de forma que para 4 conductores de 2,5 mm², el diámetro del tubo debe ser de **20 mm**.

Tabla 2 (ITC- BT 21)						Tabla 7 (ITC- BT 21)					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)					Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Nº de conductores						Nº de conductores				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1,5	12	12	16	16	16	1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	12	16	16	20	2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	20	4	12	16	20	20	25
6	12	16	20	20	25	6	12	16	25	25	25

↑ Figura 6.20. Tablas de la ITC-21 para calcular el diámetro de los tubos a utilizar en el supuesto.



↑ Figura 6.19. Ejemplo de canalización al aire con tubo anillado en montaje «al aire», para alimentar una máquina.



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 principalmente se construyen 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. Igualmente se admite adosar a las bandejas cajas de registro. La figura 6.23 muestra un ejemplo de utilización de bandejas de rejilla.

Para su elección y dimensionamiento se tendrá 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 6.21.** Bandeja perforada (CABLOFIL). Ofrece un relativo grado de estanqueidad y soporte de peso de conductores.



↑ **Figura 6.22.** Bandeja ciega (estanca). Ofrece un alto grado de estanqueidad. (CABLOFIL).

Las bandejas especifican sus dimensiones en **alto (ala) x ancho** en mm, y se comercializan en una gran variedad de dimensiones de 30, 54, 80 mm... de alto, de 50, 100, 150, 200, 300 mm... de ancho, este dato es importante en función de los conductores a instalar inicialmente y previsiones de instalación de nuevos conductores. Las longitudes que se pueden encontrar en el mercado suelen ser de 2 o 3 m.



↑ Figura 6.23. Detalle de instalación de bandejas de rejilla.

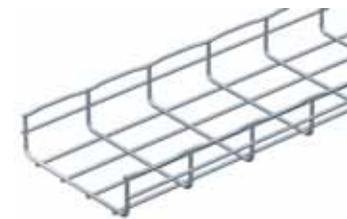
Accesorio de las bandejas

Principalmente se utilizan los siguientes accesorios:

Tabiques separadores, los cuales se conectan a la bandeja, principalmente, para separar distintas canalizaciones en una misma bandeja. **Codos y cambios de nivel**, los cuales permiten a las bandejas realizar una curva horizontal y una bajada o subida vertical de las bandejas. **Soportes de sujeción** para paredes y techos, **placas de unión** de bandejas, **tapas**, y un largo etcétera de accesorios que se utilizarán en función del tipo de bandejas e instalación.



↑ Figura 6.24. Bandeja de escalera (CABLOFIL). Ofrece una buena ventilación y un gran soporte de peso de conductores.



↑ Figura 6.25. Bandeja de rejilla (CABLOFIL). Ofrece un elevado grado de ventilación y un bajo nivel de soporte de peso de conductores.



↑ Figura 6.26. Accesorios para bandejas (CABLOFIL).



↑ Figura 6.27. Herramienta de corte para bandeja de rejilla.



↑ Figura 6.28. Proceso de corte de bandeja de rejilla.

EJEMPLO

Se desea realizar una industria de forma que desde un cuadro general parten diferentes líneas ubicadas en bandeja de rejilla soportadas desde el techo. Se pide realizar la instalación de una de las canalizaciones que parte de dicho cuadro general hasta un cuadro de distribución secundario, al cual le llegarán 5 conductores unipolares de 35 mm² de alimentación y 2 conductores unipolares de 1,5 mm² de sensores. Todos los conductores deben ser libres de halógenos.

Solución

- En primer lugar se debe establecer el tipo de conductor, es decir, en canalizaciones en bandeja todos los conductores deben llevar cubierta, además se pide que sean libres de halógenos, por tanto elegimos conductores tipo RZ1-K 0,6/1kV 1x35 (AS) para los de alimentación y tipo RZ1-K 0,6/1 kV 1x1,5 (AS) para los de sensores.
- Seguidamente debemos elegir las dimensiones de las bandejas, que dependerán del número y tipo de conductores, siempre teniendo en cuenta que debido a las características de la instalación, es previsible que haya ampliaciones en el tendido. Por otro lado, no es conveniente que haya una gran aglomeración de cables debido al calentamiento que sufren los mismos, aunque las bandejas de rejillas ofrezcan una gran ventilación. La sección útil se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$S = [K (100+a)/100] \Sigma n$$

Donde:

S = Sección útil necesaria en la bandeja.

K = coeficiente de relleno 1,2 para cables pequeños tales como los de sensores y 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: $D = 2 \sqrt{S/\pi}$ y el peso de los conductores se realiza la siguiente tabla teniendo en cuenta el catálogo del fabricante de cables a utilizar:

PRYSMIAN CABLES & SYSTEM www.prysmian.es	Diámetro de la sección \varnothing mm	Peso total kg/m	Sección exterior mm ²
Cable RZ1 0,6/1kV 1x 35	26,8	0,39	124,68
Cable RZ1 0,6/1kV 1x 1,5	1,38	0,04	25,51

↑ Tabla 6.2.

Inicialmente sumamos todas las secciones exteriores que incluyen el aislamiento y cubierta siendo por tanto:

$$\Sigma n = 5 \cdot 124,68 + 2 \cdot 25,51 = 674,42 \text{ mm}^2$$

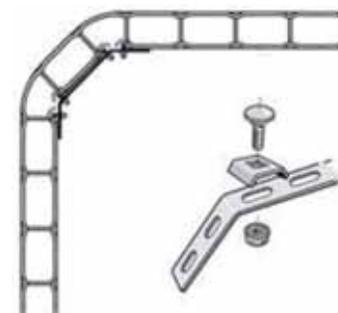
La sección que deberá tener la bandeja, aplicando un valor de relleno K de 1,4 (tenemos en cuenta este valor para todos los cables aunque tengamos cables pequeños) y un porcentaje de ampliación del 30%. La sección de la bandeja será de:

$$S = [1,4 (100+30)/100] 674,42 = 1227,44 \text{ mm}^2$$

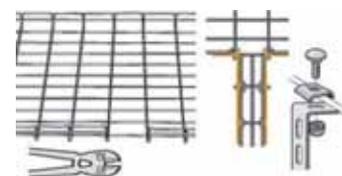
Una vez obtenida la sección, se busca en el catálogo del fabricante de bandejas (por ejemplo CABLOFIL) el valor más próximo por exceso. Se elige una bandeja de 30x50, de 3,5 kg/m de capacidad máxima de carga, obteniendo una capacidad de $30 \cdot 50 = 1.500 \text{ mm}^2$, más que suficiente para los conductores a instalar.

También se debe calcular el peso total, para ello se realiza la suma de todos los pesos de los conductores por metro de longitud, siendo el valor de: $P = 2 \cdot 0,04 + 5 \cdot 0,39 = 2,03 \text{ kg/m}$. Si incrementamos en un 30% de porcentaje como posible ampliación de conductores en la bandeja, se obtiene un valor de $2,03 \cdot 1,3 = 2,63 \text{ kg/m}$, que según el fabricante tiene una capacidad máxima de carga 3,5 kg/m, valor mayor al necesario, esto evitara que la bandeja se deforme con el peso de los cables.

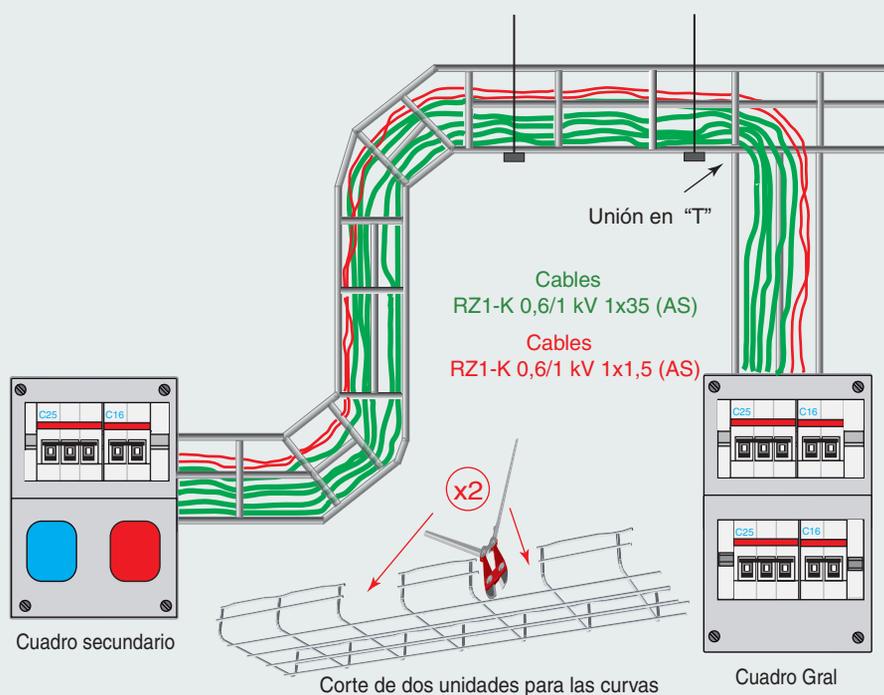
- Para la bajante hacia el cuadro secundario se realizan dos curvas con accesorios de unión con tornillo, siguiendo las especificaciones del fabricante, en este caso, para una bandeja de 30x50 se cortarán dos unidades en un extremo según vemos en la figura 6.28, y se realizará la curva de forma manual en el extremo no cortado y la unión en el extremo cortado mediante pletinas de unión según muestra la figura 6.29.
- Desde el cuadro general parte una bandeja de 30x50 posada sobre la pared hasta unir con la bandeja de distribución que colgará del techo realizando una unión en T, para ello se deberá cortar la bandeja de distribución una unidad y unirlas mediante accesorios (ver figura 6.30).
- Finalmente se realizará el tendido de los conductores fijándolos en distintos puntos con bridas de plástico de forma que la entrada de éstos a los cuadros se realice con prensaestopas.



↑ Figura 6.29. Curvado de bandejas de rejilla.



↑ Figura 6.30. Unión en T en bandeja de rejilla.



↑ Figura 6.31. Instalación en bandeja de rejilla.



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, 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.



↑ **Figura 6.32.** Detalle de entrada de una manguera en un prensaestopas.

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 debe ser cortado 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 6.33.** Diferentes tipos de prensaestopas.



↑ **Figura 6.34.** Bridas y tornillo de plástico para fijación de cables a las paredes.

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 abrace el elemento de fijación. En cuanto a las bridas ajustables (figura 6.34) las hay de varias longitudes, pero la diferencia entre las anteriores es que éstas permiten ajustarse a las dimensiones del



cable o 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 el cable a la superficie. Es importante destacar que en **ningún momento** 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

Otra forma de canalizar los conductores es enterrados en zanjas, ahora bien, en tal caso los conductores pueden ir directamente enterrados o bajo tubo. En el caso de que los conductores vayan directamente enterrados en la zanja deberán tener **cubierta** y una tensión nominal de aislamiento de **0,6/1kV**.

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 ésta 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.

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.

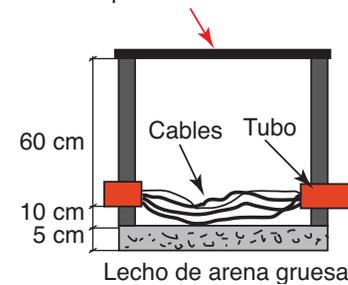
Cables bajo tubos protectores: la otra forma es utilizar cables en canalizaciones entubadas, cuando se realice una instalación de este tipo hay que evitar en lo posible los cambios de dirección, de forma que en cada cambio de dirección o en tramos rectos de más de 40 m se tienen que colocar arquetas con el fin de facilitar el tendido de los cables. La entrada de los tubos a la arqueta tiene que estar perfectamente sellada con el fin de proteger a la canalización de entrada de agua o roedores.



↑ **Figura 6.35.** Arqueta cuadrada de material termoplástico (GEWISS).



Tapa y marco de arqueta de fundición



↑ **Figura 6.36.** Ejemplo de construcción de una arqueta con marco y tapa de fundición para una línea de distribución en acera.



↑ **Figura 6.37.** Banda de señalización obligatoria en las canalizaciones enterradas a lo largo de la zanja.



↑ **Figura 6.38.** 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, éstas 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** que 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 a 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 6.39.** 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)

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, y en este caso sí se pueden instalar conductores con tensión asignada de aislamiento mínima de 300/500 V.

↑ **Figura 6.40.** Canaletas desmontables sin herramientas para pared y suelos.

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 una misma canalización, o bien separar las canalizaciones eléctricas de otras tales como la TV y telefonía. Éstas se comercializan en longitudes de 3 m y se dimensionan en función de su anchura x altura en mm, las cuales deben estar acorde con el número de conductores y secciones, por ejemplo, canaletas de 22x10, 15x15, 20x20, 30x15, 20x10, 30x10, 35x15, etc.

Molduras. Realmente es 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.

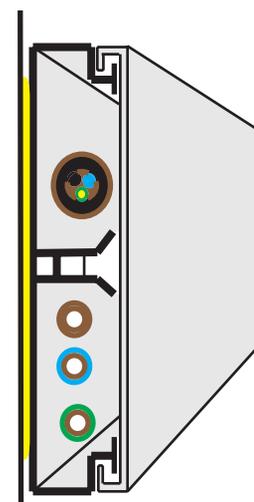
Por cada ranura únicamente podrán ir cables de un mismo circuito, es decir, por ejemplo, en una ranura de moldura no se podrán instalar los cables de un circuito de alumbrado junto con un circuito de tomas de corriente de uso general.

Accesorios. Existe una gran variedad de accesorios tales como: ángulos interiores y exteriores, ángulos planos, derivaciones en T, cubre-juntas, cajas de mecanismos, cada uno dimensionado según la canaleta.

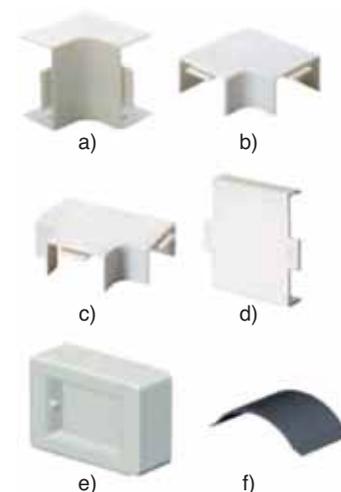
1.6. Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Se entiende como canalización en huecos de la construcción aquellos huecos dispuestos 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.

En este tipo de canalizaciones los conductores deben ser no propagadores de llama (libres de halógenos) y de 0,6/1 kV.



↑ Figura 6.41. Moldura con dos canalizaciones separadas.



↑ Figura 6.42. Accesorios: a) y b) ángulos, c) derivador en T, d) cubre juntas, e) caja de mecanismos para canaletas, f) junta para canaletas (avellanadas) de suelo (GEWISS).

ACTIVIDADES

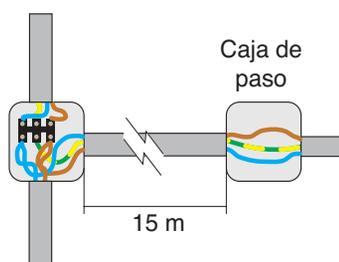
1. Mide con ayuda de un calibre el diámetro exterior de un cable de 4 mm² y, utilizando el procedimiento para el cálculo de bandejas, calcula las dimensiones de la canaleta necesaria para alojar 5 conductores.
2. Realiza un inventario de las distintas canaletas y accesorios que se encuentran en el aula-taller designándolos de forma adecuada.
3. En una canalización subterránea se utiliza una terna de 4 conductores tipo RV-K 0,6/1 kV 1x90. Se pide determinar el diámetro del tubo para alojar dichos conductores.
4. En una taller de construcciones metálicas se instala un taladro de columna de 3 CV, 400 V, cos φ 0,87, y los conductores se canalizan desde un cuadro de distribución en **montaje al aire** mediante tubo anillado (elettas), se pide determinar la sección de los conductores siendo éstos 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

recuerda

En tramos de canalización cuya longitud supere los 15 m, se debe colocar una caja de paso cada 15 m para facilitar las labores de instalación y mantenimiento. Pero si, por ejemplo, en un montaje superficial desde el cuadro de distribución hasta el cuadro secundario hubiese 25 m y una curva a los 11 m, aunque la longitud sea mucho mayor de 15 m, al disponer de una curva, ésta ayuda a las labores de instalación pudiendo introducir la guía desde el cuadro hasta la curva, introducir la guía a través de la curva y proceder con el siguiente tramo.



↑ **Figura 6.43.** Ejemplo de Caja de registro de paso de conductores

Trazado

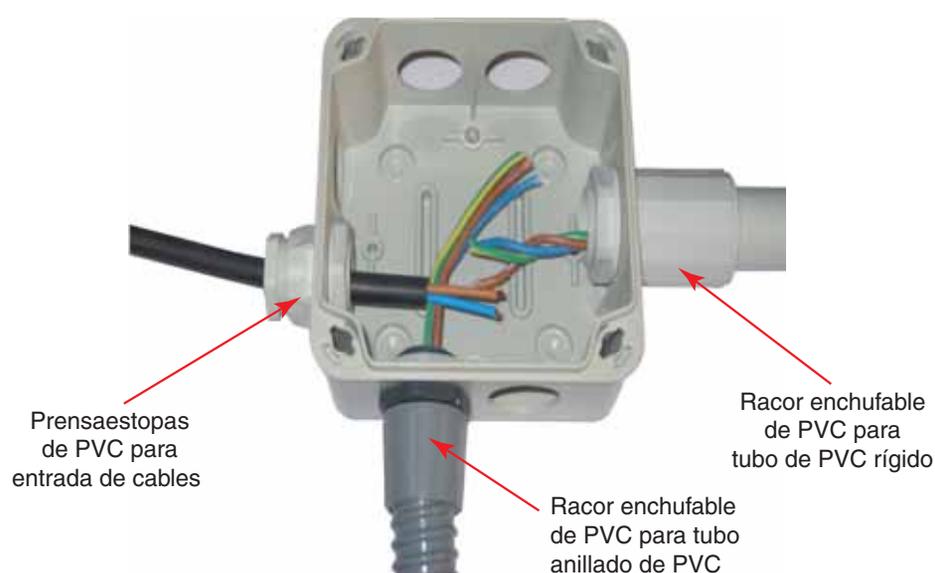
Una parte importante antes de realizar cualquier tipo de canalización es el trazado y señalización de la ubicación de las **envolventes (cajas de mecanismos, cajas de registro y cuadros de distribución)**. Para la realización de dicho trazado hay que tener en cuenta varios factores, tales como el tipo 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 éstas 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 éstos como las cajas de registro hayan sido instaladas. En cuanto al dimensionamiento de las cajas hay que tener en cuenta el número 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.

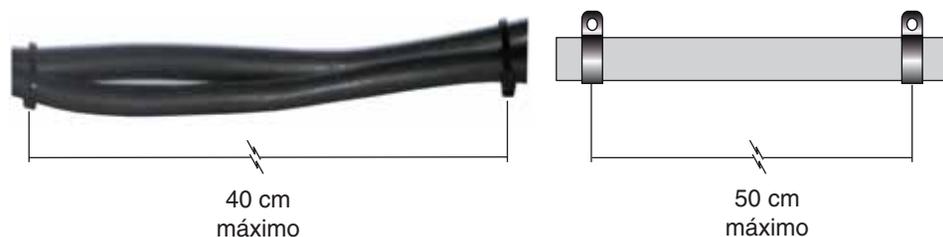


↑ **Figura 6.44.** Ejemplo de conexión de racor para tubo rígido de PVC, racor para tubo anillado y prensaestopas para cables en una caja de registro.

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 6.45.** 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 tiene 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, éstas 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**.

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 6.46.** Tiralíneas trazador y colorante azul para el trazado de canalizaciones.

caso práctico inicial

Un buen trazado sobre la superficie donde se colocarán los tubos facilita en gran medida la instalación de los tubos.

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.

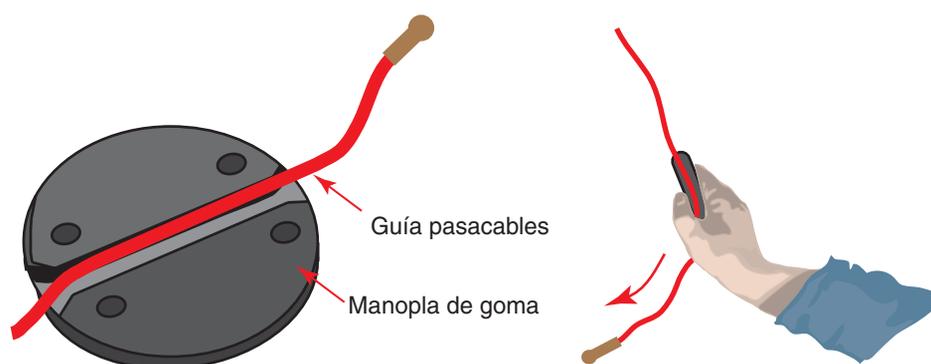


↑ **Figura 6.47.** Proceso de marcado de trazado de canalizaciones con tiralíneas, que debe realizarse por dos operarios



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 de un 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 domesticas, las guía 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 por su longitud (desde unos 5 m hasta unos 100 m).

Para mejorar el deslizamiento de los cables se comercializan en el mercado **lubricantes** que permiten instalar los cables con mayor facilidad y rapidez. Así mismo se comercializan **manoplas** de goma para tirar de las guías con mayor fuerza y menor fatiga.



↑ Figura 6.48. Manopla y manejo de la misma.

caso práctico inicial

La broca escalonada y el juego de coronas de las figuras 6.49 y 6.50 servirán para mecanizar los cuadros para la inserción de los racores.



↑ Figura 6.49. Broca escalonada.



↑ Figura 6.50. Coronas.

3. Envolventes

Denominamos envolventes 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 envolventes 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 metálicos protegidos contra la corrosión.

En el caso de envolventes para **montaje empotrado**, éstas disponen de un **troquelado** cuya misión es facilitar al instalador la entrada de tubos.

Para envolventes en **montaje superficial**, éstas 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 multidíametro) que permite realizar de forma sencilla un agujero en la envolvente del diámetro que sea necesario.



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 éstas.

Sus medidas están estandarizadas a 62 x 62 x 40 para cajas cuadradas y de 60 mm Ø x 40 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 6.51.** Cajas de registro de superficie y empotrables de 100x100.

Este tipo de cajas se comercializan en **montaje empotrado** y en **montaje superficial**, las primeras 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 éstas deben conectarse a tierra mediante su correspondiente cable de protección.

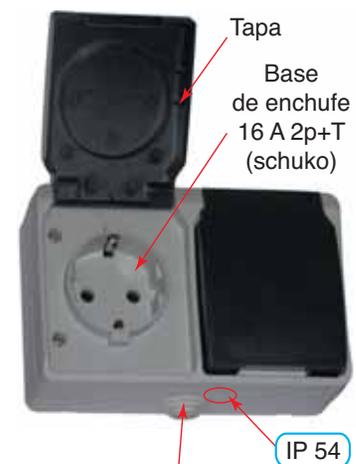
Las cajas se comercializan en diferentes medidas dadas en mm, para cajas rectangulares se da como dato la anchura (base) x altura vistas según quedan instaladas, en medidas tales como 100x100, 100x150 mm, etc., y teniendo en cuenta también su profundidad y para circulares se da como dato el diámetro.

3.3. Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución, se denominan de diferentes formas según su ubicación y utilidad, por ejemplo, para los Cuadros Generales donde acomete toda la instalación o parte de ésta de un local se les denomina **Cuadros Generales de Mando y Protección (C.G.M.P)**, para cuadros intermedios destinados a alimentar parte de una instalación o receptores se les denomina **Cuadros Parciales** o **Cuadros Secundarios**.



↑ **Figura 6.52.** Cajas de mecanismos empotrables cuadrada estándar y circular para pladur.



Pasacables o troquelado de 20 mm para la inserción de racores para tubos o prensaestopas para cables

↑ **Figura 6.53.** Base de enchufe doble de superficie con tapa para ambientes industriales y exteriores.



saber más

Grados de protección IK-IP

Todas las envolventes y accesorios presentan un grado de protección frente a la entrada de objetos sólidos y entrada de agua (denominado grado IP), y la protección contra impactos mecánicos (denominado IK), cuyo nivel de protección está indicado por una serie de cifras. Este valor es importante en el sentido de que dependiendo del tipo de instalación se deberá elegir la envolvente con los grados de protección determinados (Ver Mundo Técnico de esta unidad).

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.

Estos cuadros se diseñan para alojar todos sus dispositivos en **carril DIM** 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. También, 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 proteja 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

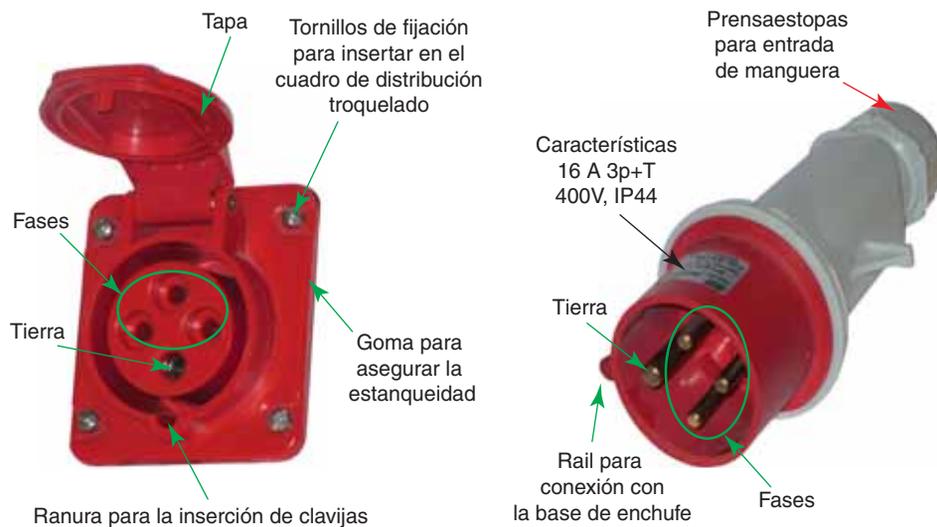
Cuadro de distribución
de 6 módulos +
ICP para montaje en superficie

↑ **Figura 6.54.** 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 en 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 DIM siendo el número de módulos de 2, 4, 6, 8, 12, 18, 24, 36, 48, 54 y 72. Un ejemplo sería 24 (12x2) 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.

En *cuadros secundarios o parciales* para aplicaciones industriales podemos encontrar una variante y es que, además de ofrecer una parte destinada a alojar los dispositivos de mando y protección, se comercializan junto a tomas de corriente monofásicas (normalmente de color azul) o trifásicas (normalmente de color rojo) bien ya instaladas o bien *configurables*, disponiendo de una tapa ciega en este último caso para su posterior configuración por el instalador según las necesidades de la instalación o previsiones de ampliación de tomas de corriente en dicho cuadro.



↑ **Figura 6.56.** Base industrial para empotrar en cuadros de distribución 16 A 3p+T y clavija.

caso práctico inicial

El cuadro de distribución de la figura 6.55 representa un cuadro secundario del tipo a utilizar en el supuesto práctico inicial.



↑ **Figura 6.55.** 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.

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.

Solución

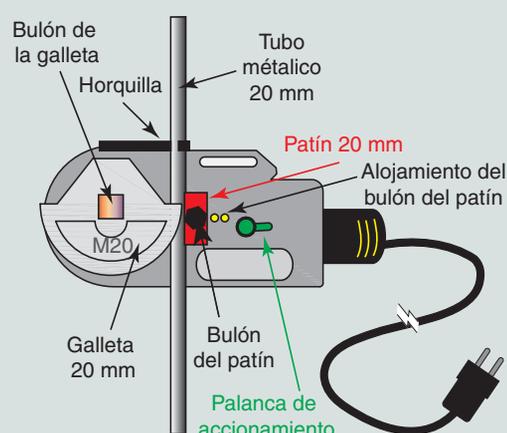
En este caso el cuadro se encuentra en el cuarto de contadores y podemos optar por un cuadro empotrado, para determinar las dimensiones del cuadro necesitamos saber el número de módulos totales siendo este de $4 + 2 \times 2 + 3 \times 2 + 4 + 1 + 2 + 1 = 22$ módulos. Ahora debemos buscar en el mercado un cuadro que tenga un número de módulos igual o superior al calculado. Elegimos un cuadro 24 módulos de (12x2)

ACTIVIDADES

- Basándote en la figura 6.44 realiza un montaje en una caja de registro de 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. Y Finalmente inserta un prensaestopas de 16 mm para la inserción de una manguera en el cuadro.

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 (decapador) o soplete. Para ello, y 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 éste 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 neumática, fíjate en el proceso reflejado en la figura 6.15 y si es eléctrica, realízalo según lo descrito en la figura siguiente.

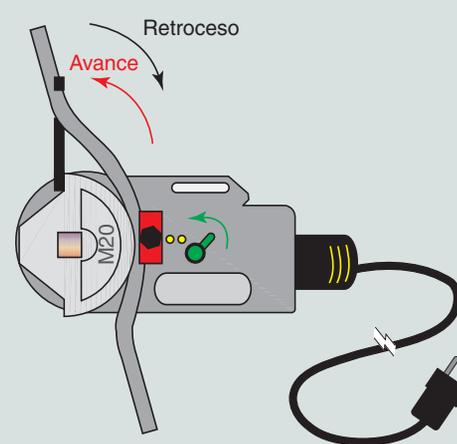


PREPARACIÓN PARA EL CURVADO

- a) Introducir la galleta de 20 mm en su bulón.
- b) Introducir el tubo a través de la galleta patín de 20 mm y horquilla e introducir el bulón del patín.
- c) El tubo quedará sujeto, 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.

↑ **Figura 6.57.** Curvado de tubo metálico mediante curvadora eléctrica.



CURVADO

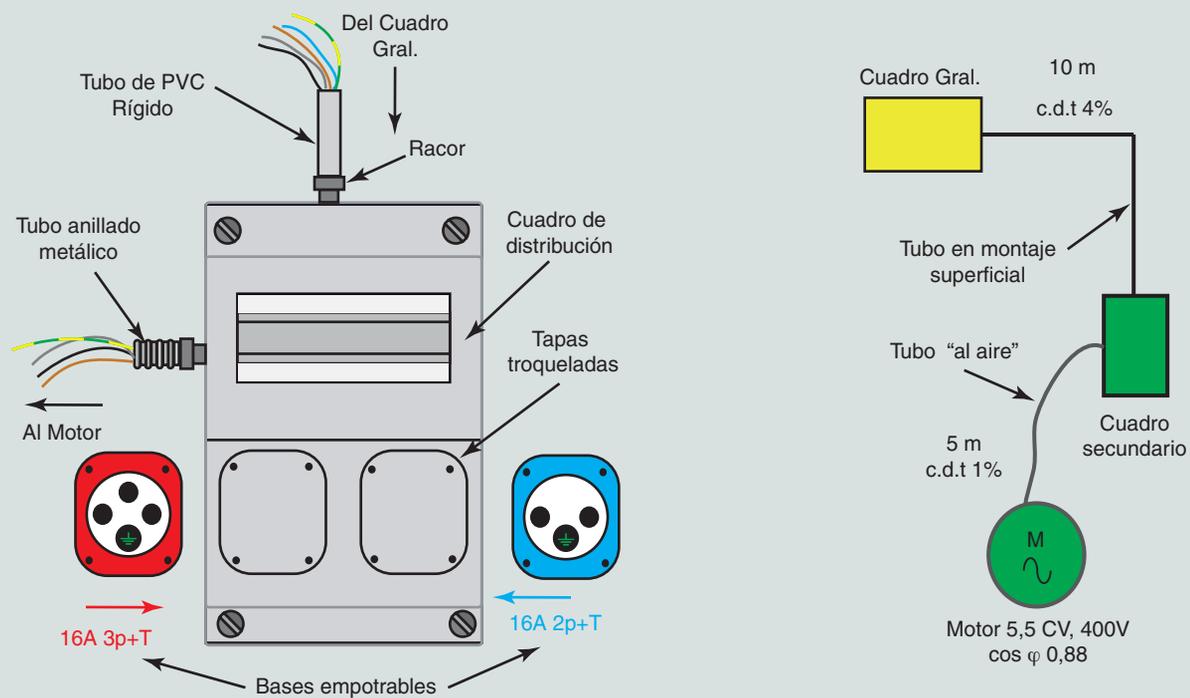
- a) Accionar la palanca en el sentido de curvado y mantenerla pulsada.
- b) La galleta girará realizando el curvado del tubo.
- c) Cuando se obtenga la curva deseada soltar la palanca de accionamiento y la máquina se parará.
- d) Accionar la palanca en sentido de retroceso hasta su posición inicial, la galleta girará en sentido contrario.
- e) Extraer el bulón de sujeción del patín, retirar el patín y sacar el tubo ya curvado.

- 3. En una instalación en la cual se emplea tubos anillados de PVC se desea realizar un empalme por motivos diversos (ampliación de la canalización, larga longitud, etc.). **Se pide:** describir el sistema que emplearías para dicha unión.
- 4. Construye y mecaniza un cuadro secundario *configurable* (con tapas para bases de enchufe troqueladas) en montaje superficial al cual acomete un tubo de PVC rígido con 5 conductores tipo H07V-K proveniente de un cuadro general distanciado de éste 10 m. Del cuadro secundario debe partir una canalización mediante tubo anillado metálico para alimentar un motor trifásico (3 fases + N) con conductores tipo H07V-K y dentro del cuadro secundario se deben instalar una base empotrable trifásica industrial de 16 A 3p+T y una base empotrable monofásica industrial de 16 A 2p+T. Los datos son los siguientes:
 - Motor de 5,5 CV, 400V, $\cos \varphi = 0,88$.
 - Reserva para las tomas trifásicas y monofásica de 3,5 kW.

Nota: establecer para el conjunto de la instalación un $\cos \varphi$ de 0,85.

Se pide:

- Realizar el cálculo de la potencia necesaria para dicho cuadro y calcular la sección y diámetro del tubo que acomete al cuadro a mecanizar teniendo en cuenta que se permite una c.d.t del 4%.
- Calcular el calibre del automático tetrapolar de protección instalado en el cuadro general que protege a la línea que alimenta al cuadro secundario.
- Calcular la sección y calibre del automático que protege a la línea que alimenta al motor de 5,5 CV, así como el diámetro del tubo anillado metálico **en montaje al aire** de forma que se destina un 1% de c.d.t y la longitud de esta línea es de 5 m.
- Para la base trifásica se utilizará cable de 2,5 mm² y un automático tripolar de 16 A, y para la base monofásica un cable de 2,5 mm² y un automático bipolar de 10 A.
- En el cuadro se instalará un IGA tetrapolar y un diferencial general tetrapolar de 30 mA, así mismo se pide calcular los calibres de ambos dispositivos de protección.
- Dibuja el esquema unifilar del cuadro secundario.
- Determina el racor necesario para la acometida del cuadro y racor para el tubo anillado metálico.
- Determina el número de módulos necesarios y tipo de cuadro, mecanízalo y realiza el montaje del mismo.



↑ **Figura 6.58.** Montaje del cuadro de distribución secundario.

5. Realiza la práctica profesional que resuelve el caso propuesto inicial.
6. En la línea general de distribución, en bandeja de 35 m de longitud, de una nave industrial se exige que los cables sean *libres halógenos*. Se debe realizar una canalización donde, además, *no se exige estanqueidad*. La bandeja aloja una manguera RZ1-K 0,6/1 kV 3x25/16, 2 mangueras RZ1-K 0,6/1 kV 3x50/25, 5 conductores unipolares RZ1-K 0,6/1 kV 1x25 y 4 conductores unipolares RZ-K 1x50, cuyas características se reflejan en la tabla 6.3.

ACTIVIDADES FINALES (cont.)

PRYSMIAN CABLES & SYSTEM www.prysmian.es	Díámetro exterior Ø mm 	Peso total  kg/m
Mangera RZ1 0,6/1 kV 3×25/16	22,6	1,12
Mangera RZ1 0,6/1 kV 3×50/25	30,3	2,24
Cable RZ1 0,6/1 kV 1×25	11,0	0,29
Cable RZ1 0,6/1 kV 1×50	14,2	0,55

↑ **Tabla 6.3.**

Se pide:

Calcular las dimensiones de la bandeja y peso por metro, y seleccionar el tipo de bandeja más idónea para esta canalización, así como sus dimensiones capaces de alojar los conductores y soportar el peso.

Para resolver esta actividad debes tener en cuenta que se requiere una gran ventilación con lo cual debes seleccionar el tipo de bandeja más adecuada (de rejilla, de escalera, perforada, o estanca). Se calcula la sección total que ocuparán los conductores, así como su peso. Tendremos en cuenta que la sección de un cable incluyendo el aislamiento es $S = \pi \cdot r^2$. De esta forma, sumando todas las secciones, y teniendo en cuenta:

- Un coeficiente de relleno $K = 1,4$
- Un porcentaje de ampliación de conductores $a = 30\%$ (tener este dato en cuenta para el peso total)

Y que la ecuación para obtener la sección útil es siempre:

$$S = [K (100+a)/100] \sum n$$

Donde $\sum n$ representa la suma de todas las secciones exteriores de todos los cables a instalar.

Busca un catálogo de fabricantes de bandejas y selecciona la más adecuada.



↑ **Figura 6.59.**

- 7. Realiza la práctica profesional 2 del montaje de bandejas perforadas.

entra en internet

- 8. Busca catálogos de fabricantes tales como GEWISS, HIMEL e INTERFLEX y comprueba todo tipo de tubos, canaletas, cuadros de distribución, y accesorios como racores, prensaestopas, codos, curvas, etc., y haz un pequeño listado de las características de estos dispositivos con el objeto de familiarizarte con ellos, así como sus precios si el fabricante los ofrece en su catálogo.
- 9. Busca la página web de CABLOFIL y REGIBAND, recopila toda la información sobre bandejas de estos catálogos, podrás obtener información de sus aplicaciones, métodos de montaje y accesorios.



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 mínima 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) Siempre.
 - b) Nunca.
 - c) 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 éstos 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) Sólo 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 rodapié ranurado para canalizar la instalación:
 - a) Sólo se podrán instalar cables multiconductores.
 - 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) Sólo se utilizarán cables con cubierta y a ser posible de tensión asignada 0,6/1kV.
 - b) Sólo se pueden utilizar cables multiconductores.
 - c) Ambas son correctas.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

MATERIAL

- Para el cuadro general: un interruptor automático de 3x50 y un Interruptor automático de 4x32 A montados sobre carril DIM.
- Un cuadro de distribución en montaje superficial estanco de 8 módulos y dos tapas troqueladas para instalar 2 bases monofásicas de 2p+T 16 A tipo schuko
- Para el cuadro secundario: un Interruptor automático de 25 A para la protección de cizalla y un Interruptor automático de 4x16 A para las dos bases monofásicas.
- Dos bases schuko empotrables en cuadro de distribución con tapa.
- Cable de 6 mm², cable de 2,5 mm².
- Tubo de rígido de PVC de 20 mm y tubo anillado de PVC de 20 mm.
- Accesorios: Abrazaderas, bridas, manguitos, racores, prensaestopas, regletas de conexión, etc.

Montaje de una canalización estanca para alimentar dos máquinas industriales y mecanizado de un cuadro secundario

OBJETIVO

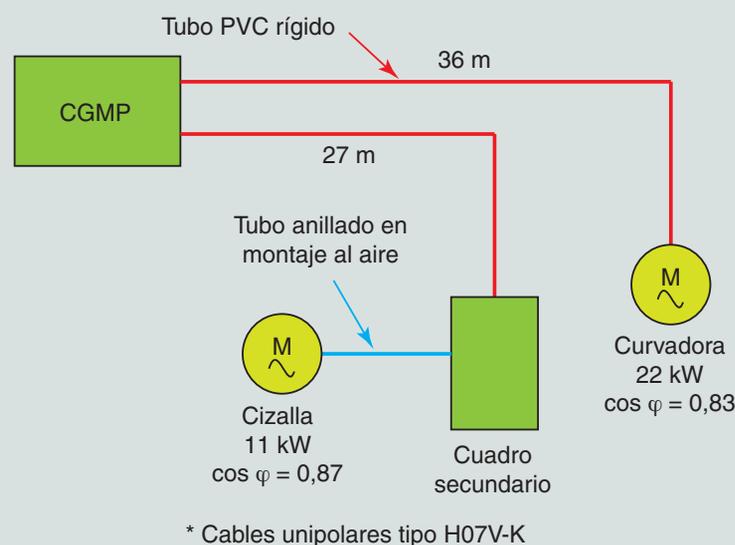
Realizar el montaje que resuelve el Caso Práctico planteado al principio de esta unidad.

DESARROLLO

Realización de los cálculos de la instalación que debe realizar el operario de mantenimiento para la nueva instalación de las dos máquinas.

La instalación eléctrica a montar, como solución al Caso Práctico Inicial se realizará:

- Montando sobre carril DIM en un supuesto cuadro general de la industria dos interruptores automáticos de protección para las líneas que alimentan al cuadro secundario (línea 1) y a la máquina curvadora (línea 2).
 - Realización del trazado mediante tiralíneas.
 - Montaje de la canalización con tubo de PVC rígido desde el cuadro principal hacia el cuadro secundario utilizando racores para la unión con las envolventes y manguitos y curvas o codos para los tubos.
- Montando un cuadro secundario de 8 módulos con dos tapas troqueladas para insertar dos bases de corriente de 16 A 2P+T con tapa, al cual se incluirán un interruptor automático tripolar para la cizalla y un interruptor automático bipolar para las tomas de corriente monofásicas.
 - Desde cuadro secundario se realiza una canalización mediante tubo anillado de PVC para alimentar la cizalla.
 - Tendido de los cables y conexiones en cuadros.



↑ Figura 6.60. Esquema unifilar de la instalación.



1. Realiza los cálculos de la instalación.

Inicialmente el instalador instalará dos líneas que parten del Cuadro General de Mando Protección canalizadas a través de tubo de PVC rígido, una será la **línea 1** que se canalizará desde el CGMP hasta el cuadro secundario alimentando el cuadro secundario y cizalla. La potencia total de esta línea es 11 kW para la cizalla a 400 V y 3,5 kW adicionales destinados a alimentar las 2 tomas monofásicas 16 A 2p+T, para posible conexión de receptores monofásicos al cuadro secundario.

Los cálculos son los reflejados en la tabla 6.4.

Línea 1: desde el CGMP hasta el cuadro secundario	
Canalización	Bajo tubo de PVC rígido en montaje superficial
Conductores	Unipolares tipo H07V-K
Potencia	$P = (11 \cdot 1,25) + 3,5 = 17,25 \text{ kW}$
c.d.t.	Se establece de forma arbitraria un 2%
Sección por c.d.t.	$S = \frac{17.250 \cdot 27}{56 \cdot 8 \cdot 400} = 2,59 \rightarrow 4 \text{ mm}^2$
Sección por Imáx	$I = \frac{17.250}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 29,29 \text{ A}$ Nota: se establece un factor de potencia arbitrario de 0,85. Según Tabla 1 ITC-BT 19 para conductores unipolares bajo tubo la sección debe ser de 6 mm ² cuya Imáx es de 32 A.
Sección de los conductores y protección de la línea	De las dos secciones calculadas se establece la mayor, es decir, 6 mm² y comprobamos si hay protección normalizada entre la intensidad demandada (29,29 A) y la Imáx del conductor (32 A), en este caso la protección será de 32 A .
Diámetro del tubo	Se canalizan por el tubo 5 conductores (3 fases+N+T). Según la tabla 2 ITC-BT 21 para 5 conductores de 6 mm ² el diámetro del tubo será de 25 mm .
c.d.t. real	Según el cálculo de sección por c.d.t se exigía una sección de 4 mm ² de forma que al tener una sección de 6 mm ² la c.d.t. real será de: $e = \frac{17.250 \cdot 27}{56 \cdot 6 \cdot 400} = 3,46 \text{ V}$ Por tanto: $\text{c.d.t. real (\%)} = \frac{3,46 \cdot 100}{400} = 0,86\%$

↑ **Tabla 6.4.**

La **línea 2** se canalizará desde el CGMP directamente hasta la curvadora, siendo su potencia 22 kW. Según su placa de características del motor de esta máquina el factor de potencia es de 0,83, valor que se establecerá para los cálculos ya que esta línea alimenta exclusivamente a la curvadora. La distancia total es de 36 m.

En cuanto a la distribución de esta línea se canalizarán únicamente 4 conductores unipolares tipo H07V-K (3 fases+TT), ya que dicha máquina posee su propio cuadro de mando y protección.

Los cálculos son los reflejados en la tabla 6.5.

Línea 2: desde el CGMP hasta la curvadora	
Canalización	Bajo tubo de PVC rígido en montaje superficial
Conductores	Unipolares tipo H07V-K
Potencia	$P = (22 \cdot 1,25) = 27,5 \text{ kW}$
c.d.t.	Se establece el total de la c.d.t. permitida (un 5%)
Sección por c.d.t.	$S = \frac{27.500 \cdot 36}{56 \cdot 20 \cdot 400} = 2,2 \rightarrow 2,5 \text{ mm}^2$
Sección por Imáx	$I = \frac{27.500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,83} = 47,82 \text{ A}$ Nota: se establece el factor de potencia del motor (0,83). Según Tabla 1 ITC-BT 19 para conductores unipolares bajo tubo la sección debe ser de 16 mm ² cuya Imáx es de 59 A.
Sección de los conductores y protección de la línea	De las dos secciones calculadas se establece la mayor, es decir 16 mm² y comprobamos si hay protección normalizada entre la intensidad demandada (47,82 A) y la Imáx del conductor (59 A), en este caso la protección será de 50 A .
Diámetro del tubo	Se canalizan por el tubo 4 conductores (3 fases+T). Según la tabla 2 ITC-BT 21 para 4 conductores de 16 mm ² el diámetro del tubo será de 32 mm .

↑ **Tabla 6.5.**

PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

Finalmente desde el cuadro secundario se canalizará mediante tubo anillado de PVC la **línea 3** hasta la cizalla, siendo la potencia del motor 11 KW a 400 V con un factor de potencia de 0,87.

Los cálculos son los reflejados en la tabla 6.6.

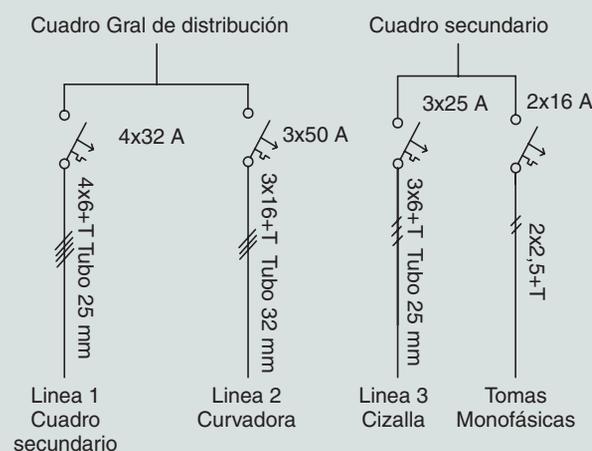
En el cuadro secundario se instalará, además del interruptor automático de protección de 3x25 A para la línea de la cizalla, un interruptor automático bipolar de 2x16 A para las tomas monofásicas.

Nota: aunque en el montaje práctico se prescinde del diferencial de protección, en la instalación real se deberá contar con un diferencial de calibre superior o igual al automático de la línea 1, es decir, un diferencial tetrapolar de 40 A y sensibilidad de 30 mA. Igualmente es conveniente la instalación de un Interruptor de corte general de 32 A.

Línea 3: desde el cuadro secundario hasta la cizalla	
Canalización	Bajo tubo de PVC anillado en montaje al aire
Conductores	Unipolares tipo H07V-K
Potencia	$P = (11000 \cdot 1,25) = 13,75 \text{ kW}$
c.d.t.	Al conocer la c.d.t. desde el CGMP hasta el cuadro secundario podemos establecer una c.d.t. de $(5 - 0,86 = 4,14\%)$, este valor es elevado lo que permitirá sobre todo una c.d.t. alta para las tomas monofásicas cuyas longitudes de los receptores a conectar al cuadro se desconocen.
Sección por c.d.t.	$S = \frac{13.750 \cdot 2,5}{56 \cdot 16,56 \cdot 400} = 0,09 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$
Sección por Imáx	$I = \frac{13.750}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,87} = 22,81 \text{ A}$ Nota: se establece el factor de potencia del motor (0,87) Según Tabla 1 ITC-BT 19 para conductores unipolares bajo tubo la sección debe ser de 4 mm ² cuya Imáx es de 24 A.
Sección de los conductores y protección de la línea	De las dos secciones calculadas se establece la mayor, es decir, 4 mm ² y comprobamos si hay protección normalizada entre la intensidad demandada (22,81 A) y la Imáx del conductor (24 A), en este caso no hay protección lo que obliga a subir la sección a 6 mm ² siendo su Imáx de 32 A, en tal caso la protección será de 25 A.
Diámetro del tubo	Se canalizan por el tubo anillado en montaje «al aire» 4 conductores (3 fases+T). Según la tabla 7 ITC-BT 21 para 4 conductores de 6 mm ² el diámetro del tubo será de 25 mm.

↑ Tabla 6.6.

2. Dibuja el esquema unifilar de la instalación y realiza el trazado y colocación de tubos sobre el panel de pruebas.



↑ Figura 6.61. Esquema unifilar de la instalación.



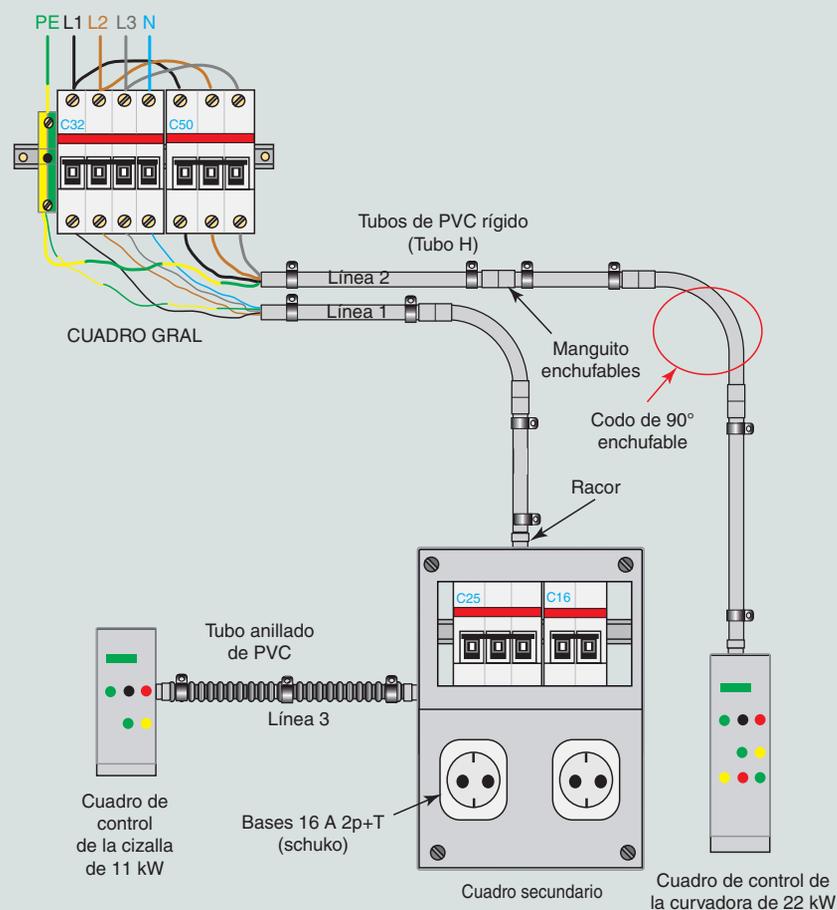
↑ Figura 6.62. Trazado del montaje con tiralíneas.

Se utilizará el tiralíneas marcando desde el punto inicial hasta la curva en horizontal y, finalmente, se trazarán dos líneas verticales hasta el cuadro parcial desde la caja de registro y desde la curva hasta la máquina curvadora. Los tubos se fijarán mediante abrazaderas y siempre se colocará una abrazadera en cada extremo de un manguito de unión. La conexión de los tubos a las cajas y cuadros se realizará mediante racores adecuados al diámetro del tubo al requerirse una canalización estanca.

Para la simulación del montaje práctico sobre el panel de pruebas se trazará una línea de 1 m de longitud en horizontal, mediante el tiralíneas a 60 cm del punto inicial, se marcará la caja de registro y desde este punto se trazará una nueva línea en vertical igualmente con el tiralíneas de 50 cm hasta el punto donde se ubicará el cuadro secundario.

Y desde el punto final de la línea horizontal trazada, se trazará una nueva línea vertical de otros 50 cm hasta el punto donde deberá ubicarse la máquina curvadora.

3. Realiza el montaje práctico de la instalación.



Nota: Tanto la cizalla como la curvadora son máquinas que traen ya su propio cuadro de control y maniobra al cual únicamente le llegarán una línea trifásica de 3 hilos (3 fases+T), ya que internamente poseen un transformador de BT para la realización de maniobras de arranque, paro y enclavamientos, así como sus dispositivos de fuerza formados por contactores y guardamotores y los pilotos de señalización.

↑ **Figura 6.63.**

El proceso de montaje consiste en simular la instalación real de la forma siguiente:

- Utiliza tubo de 20 mm tanto de PVC rígido como anillado.
- Utiliza dos manguitos enchufables según muestra la figura.
- Utiliza un codo de 90° para la curva que va hacia la máquina curvadora.
- Utiliza conductores de 2,5 mm² para la línea 1 y línea 3 y para la conexión de las bases de corriente y de 4 mm² para la línea 2.
- Pon regletas de conexión en los extremos de los cables que llegan a las dos máquinas y prueba su funcionamiento comprobando la tensión con el polímetro.



PRÁCTICA PROFESIONAL 2

MATERIAL

- Un cuadro General de distribución en montaje superficial estanco de 24 módulos (8x3).
- Para el cuadro general: Un IGA de 4x40 A, un diferencial general de 4x40A/30 mA, y 3 Interruptores automáticos de 3x20 A.
- 1,5 m de bandeja perforada de 30x50 mm con o sin tapa.
- Un cambio de nivel cóncavo y uno convexo para bandejas de 30x50 mm.
- Accesorios de fijación de bandejas para paredes.
- 5 m aprox de manguera RV-K 06/1 kV 4G4.
- 50 cm de tubo de PVC rígido de 20 mm.
- 3 cajas de registro para simular los tres cuadros parciales, 7 prensaestopas dos racores y bornas de conexión.

Montaje de una canalización mediante bandejas perforadas

OBJETIVO

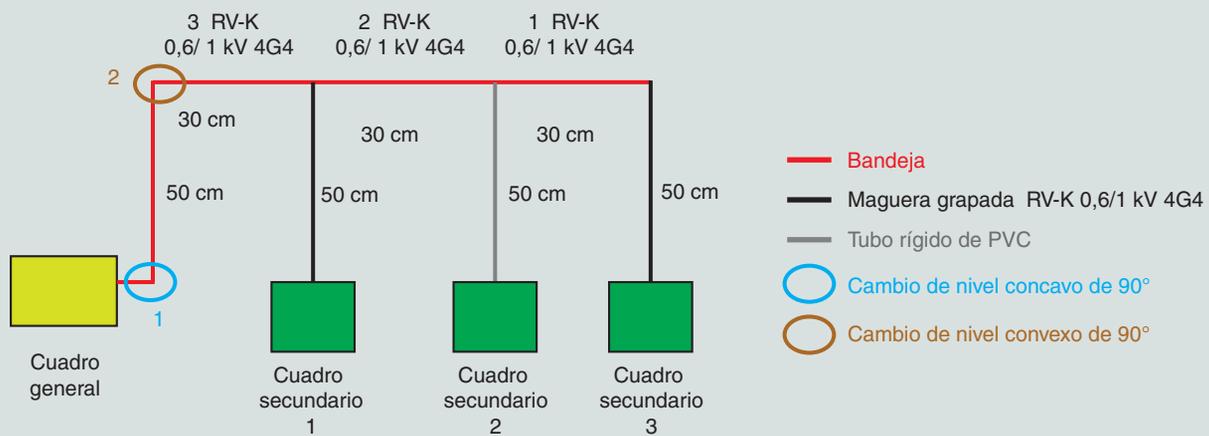
Realizar un montaje de canalización con una bandeja perforada donde se canalizan tres mangueras para alimentar tres cuadros secundarios. Se busca conocer los métodos de montaje de las bandejas cuyo sistema de canalización en ambientes industriales está muy generalizado debido a las ventajas que ofrece en labores de tendido de cables, mantenimiento y ampliación de nuevos tendidos de conductores.

DESARROLLO

La instalación se realizará de la siguiente forma:

- De un cuadro de distribución general cuyo objetivo entre otros es alimentar tres cuadros secundarios en una industria, parten tres mangueras de RV-K 06/1 kV 4G4 desde un lateral del cuadro general a través de prensaestopas.
- En el lateral de salida de cables se coloca un cambio de nivel cóncavo de 90° para realizar una subida vertical de la bandeja perforada, que subirá un tramo de 2 m (50 cm para el montaje simulado de la práctica). Dicha bandeja se fijará a la pared mediante un soporte adecuado (tipo escuadra).
- Una vez llegado a la altura de 2 m (50 cm para el montaje práctico) la canalización de la bandeja pasará a montaje en horizontal mediante un cambio de nivel convexo de 90° sujeto a la pared mediante soportes de tipo escuadra.
- La canalización horizontal se realiza hasta el tercer cuadro secundario distanciado 25 m, y los cuadros intermedios 1 y 2 están distanciados desde el origen 10 y 18 m respectivamente (para la simulación de la práctica los cuadros estarán distanciados 30 cm según la figura 6.64).
- Desde cada punto de ubicación de cada uno de los cuadros se realizará una bajante de la manguera correspondiente, grapada sobre la pared, para alimentar los cuadros 1 y 3 acometiendo a dichos cuadros mediante prensaestopas. La manguera que alimenta al cuadro 2 se canaliza mediante tubo de PVC acometiendo al cuadro correspondiente mediante racor.
- Para la sujeción de los conductores sobre la bandeja se utilizarán bridas de plástico que abracen el cable a través de las ranuras de la bandeja.
- Finalmente perfora los puntos de salida de cables de la bandeja hacia los cuadros secundarios e introduce un prensaestopas para la salida de cables y un racor para la conexión del tubo con la bandeja con el objeto de que la bandeja no deteriore el aislamiento del conductor.

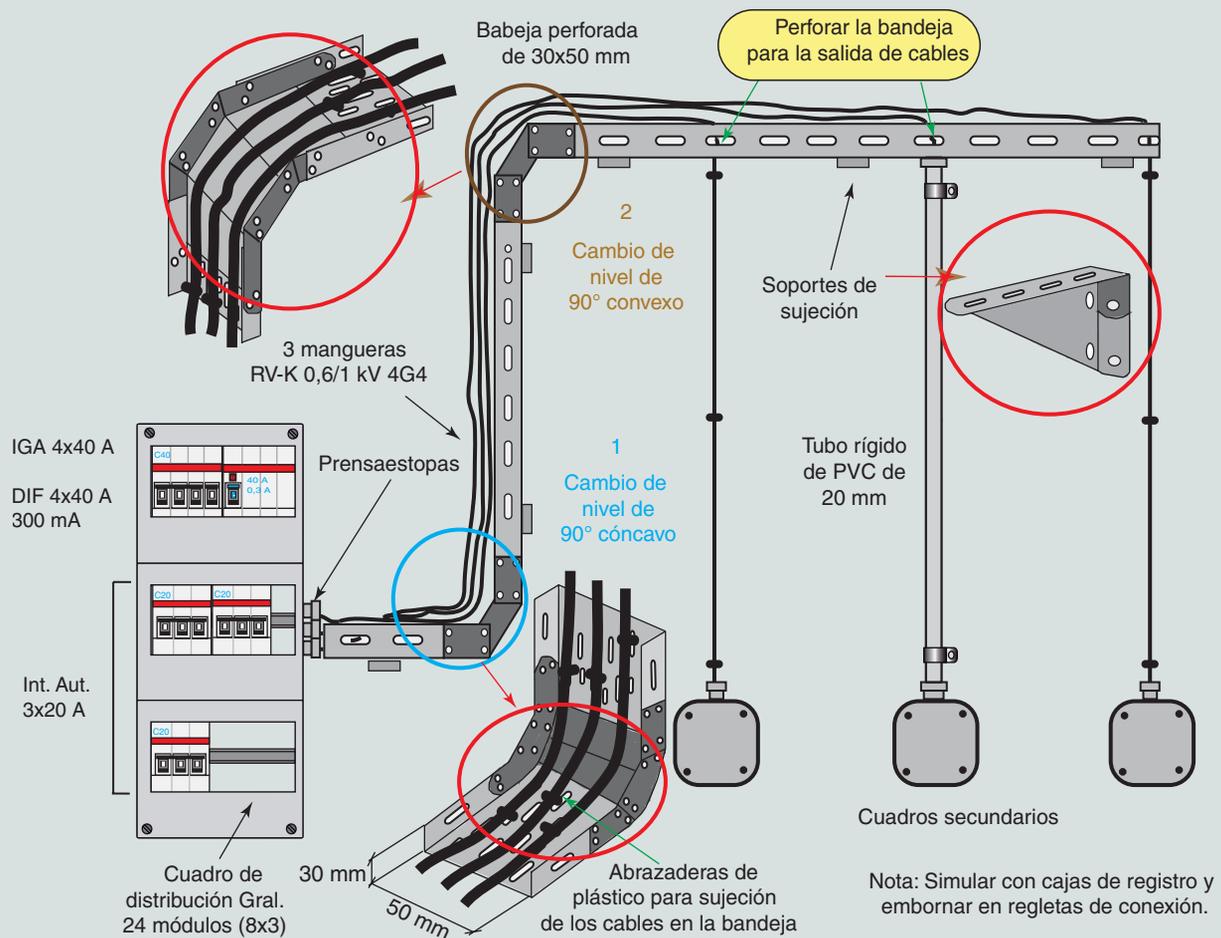
1. Realiza un esquema del conjunto de la canalización.



↑ Figura 6.64. Esquema unifilar de la instalación.

2. Realiza el montaje práctico de la instalación.

Sobre el tablero de pruebas realiza el montaje según se muestra en la figura.



↑ Figura 6.65.

MUNDO TÉCNICO

Grados de protección IP IK

Un grado de protección es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra impactos mecánicos exteriores, y además se especifica mediante métodos de ensayos normalizados.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK. Los dos primeros epígrafes anteriores estarían contemplados en el código IP y el último en el código IK.

Cada uno de estos códigos se encuentran descritos en una norma donde se indica además la forma de realizar los ensayos siendo éstas las siguientes:

Código IP: UNE 20324

Código IK: UNE-EN 50102



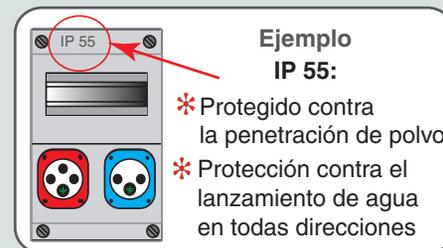
Código IP:

Se compone de dos cifras, la primera cifra indica el grado de protección que ofrece la envolvente contra el acceso de cuerpos extraños y la segunda cifra indica el grado de protección de los equipos en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales del agua.

Código IK:

Se designa con un número graduado del 0 al 10 indicando el grado de protección que posee la envolvente contra impactos mecánicos que puedan deteriorar los materiales y/o equipos en su interior.

Por tanto una envolvente quedará identificada de la siguiente forma:

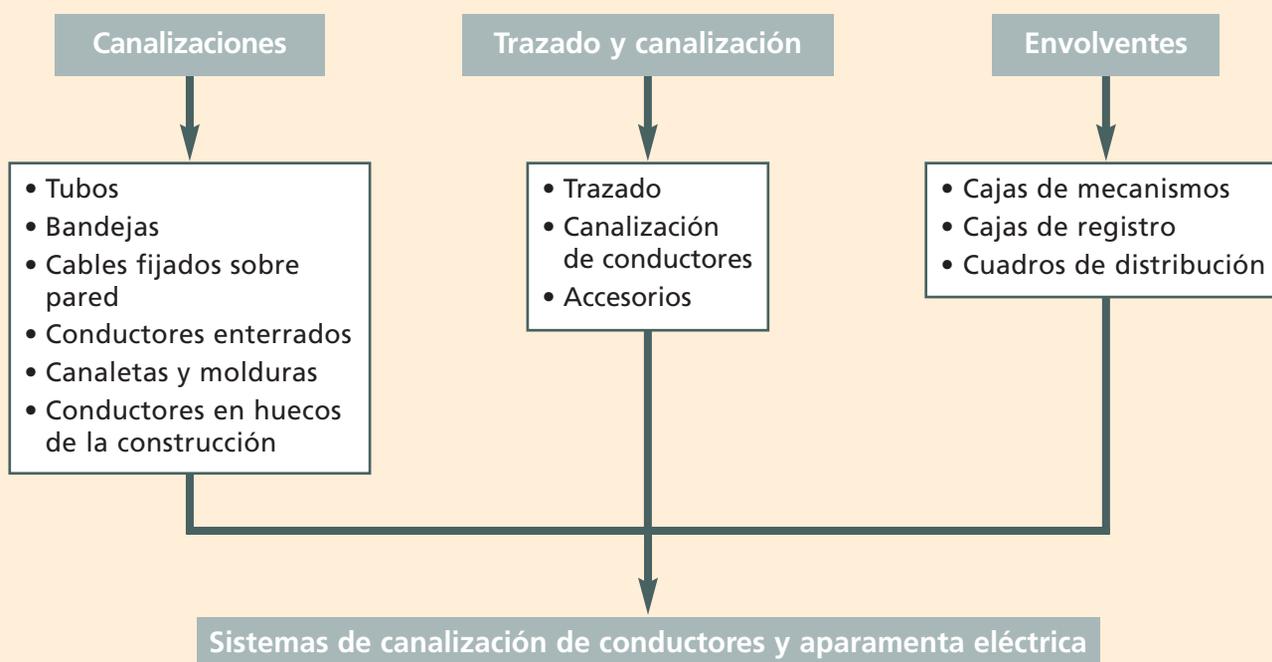


IP 1ª cifra	Protección contra la entrada de objetos sólidos
0	Sin protección
1	Protegida contra objetos sólidos de más de 50 mm
2	Protegida contra objetos sólidos de más de 12 mm
3	Protegida contra objetos sólidos de más de 2,5 mm
4	Protegida contra objetos sólidos de más de 1 mm
5	Protegida contra la penetración de polvo
6	Totalmente estanco al polvo

IP 2ª cifra	Protección contra la entrada de líquidos
0	Sin protección
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegida contra la caída de agua hasta 15° de la vertical
3	Protegida contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4	Protegida contra las proyecciones de agua en todas direcciones
5	Protegida contra el lanzamiento de agua en todas direcciones
6	Protegida contra el lanzamiento de agua similar a golpes de mar
7	Protegida contra inmersión
8	Protegida contra los efectos prolongados de inmersión

IK	Energía en Julios
00	Sin protección
01	0,15
02	0,2
03	0,35
04	0,5
05	0,7
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Un tubo corrugado de 20 mm de diámetro en montaje empotrado podrá alojar:
 - 5 conductores de 4 mm².
 - 3 conductores de 6 mm².
 - 5 conductores de 2,5 mm².
- En una canaleta desmontable con la mano se pueden utilizar cables sin cubierta.
 - Verdadero.
 - Falso.
- En un local con riesgo de incendio y explosión como una gasolinera los tubos en montaje superficial deberán ser únicamente metálicos.
 - Verdadero.
 - Falso.
- Señala el accesorio que se utiliza para la entrada de conductores a una caja de registro en una canalización en montaje superficial estanca.
 - Manguito.
 - Prensaestopas.
 - Racor.
- Indica cual es la bandeja más indicada en una canalización donde se requiere una gran ventilación de los conductores y además soportar un gran peso.
 - De rejilla.
 - De escalera.
 - Perforada.
 - Estanca.
- La unión de tubos no roscada se denomina: _____
- El cuadro de distribución que debe alojar 3 interruptores automáticos tripolares, dos bipolares y un diferencial tetrapolar tendrá un número de mínimo módulos de:
 - 18
 - 21
 - 24
 - 32
- Los conductores enterrados en una zanja en la calzada deberán estar a una profundidad mínima de:
 - 40 cm
 - 60 cm
 - 80 cm

7

Protecciones eléctricas

vamos a conocer...

1. Sistemas de protección eléctrica
2. Fusibles
3. Interruptores magnetotérmicos o automáticos
4. Interruptor diferencial
5. Selectividad
6. Protecciones contra sobretensiones
7. Instalaciones de puesta a tierra

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Instalación de un Cuadro General de Mando y Protección de un local comercial

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Instalación eléctrica interior de un local comercial

MUNDO TÉCNICO

Clases de protección en aparatos eléctricos

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 un montaje de un cuadro de protección eléctrico de un local comercial, así como la instalación eléctrica interior.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

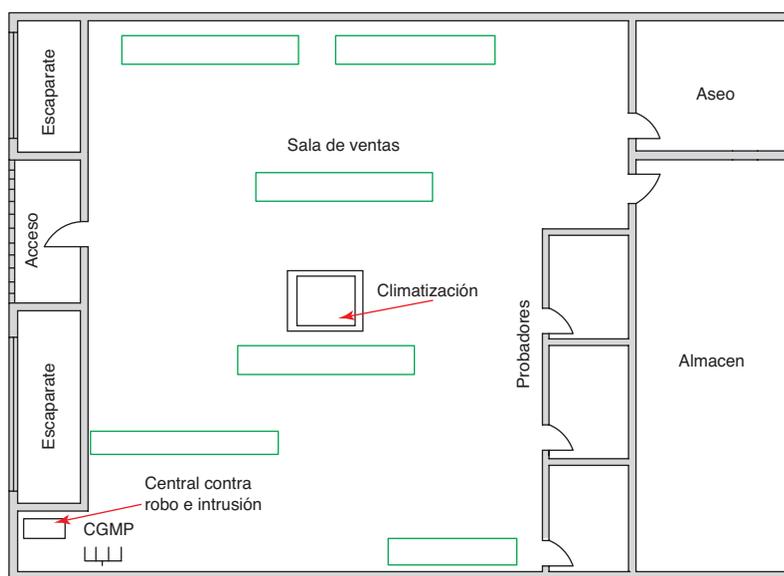
Un instalador debe realizar la instalación eléctrica de una pequeña tienda de ropa ubicada en la planta baja de un edificio de viviendas. Los circuitos y equipos a instalar en la tienda son los siguientes:

- Tres circuitos de alumbrado.
- Dos circuitos de fuerza monofásicos destinados, uno a las tomas de la sala de ventas y el otro para el almacén y el aseo.
- Un circuito para alimentar una centralita de alarma contra robo e intrusión.
- Un circuito monofásico para climatización.

Además, la zona donde se ubica la tienda es susceptible a sobretensiones.

El cliente además desea que después del cierre de la tienda, dos focos ubicados en el escaparate estén encendidos durante algunas horas.

En función de estos datos, el instalador debe diseñar e instalar el Cuadro General de Mando y Protección, así como canalizar la línea que lo alimenta; también los fusibles de seguridad ubicados en la centralización de contadores del edificio donde se ubica la tienda, así como realizar la instalación eléctrica.



↑ Figura 7.1. Plano de planta de la tienda.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar a las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema con el objetivo de contestar al resto de preguntas.

1. Como ya sabes, existen diferentes dispositivos de protección, ¿cuál crees que es la misión de los interruptores automáticos?
2. ¿Cuál es la misión del interruptor diferencial?
3. ¿Por qué en la centralización de contadores del edificio donde se ubica la tienda se instala un fusible de seguridad que protege la línea que alimenta dicho local y no un interruptor automático?
4. Si en la tienda se instala un interruptor diferencial general, ¿cuál es el motivo de que éste sea de tipo selectivo?
5. El local se ubica en una zona susceptible a sobretensiones debido a las maniobras en la red de distribución, ¿qué ventajas tiene instalar un limitador de sobretensiones en la instalación eléctrica?
6. En el local se ha distribuido una línea de alimentación trifásica aunque todos los receptores son monofásicos, y se ha hecho un reparto de cargas de cada fase, ¿qué dispositivo saltará cuando se sobrecargue una de las fases?
7. Si hay un corte del neutro en la línea de alimentación del edificio donde está la tienda, ¿está garantizada la protección contra sobretensiones al tener el local un limitador?



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 de 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	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto directo • Contacto indirecto
Materiales contra equipos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Sobreintensidad: <ul style="list-style-type: none"> – Sobrecarga – Cortocircuito – Por descargas eléctricas atmosféricas • Sobretensión

↑ **Tabla 7.1.**

1.1. Contacto directo e indirecto

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. Éstas se emplean fundamentalmente en redes de distribución privadas (con centro de transformación propio).

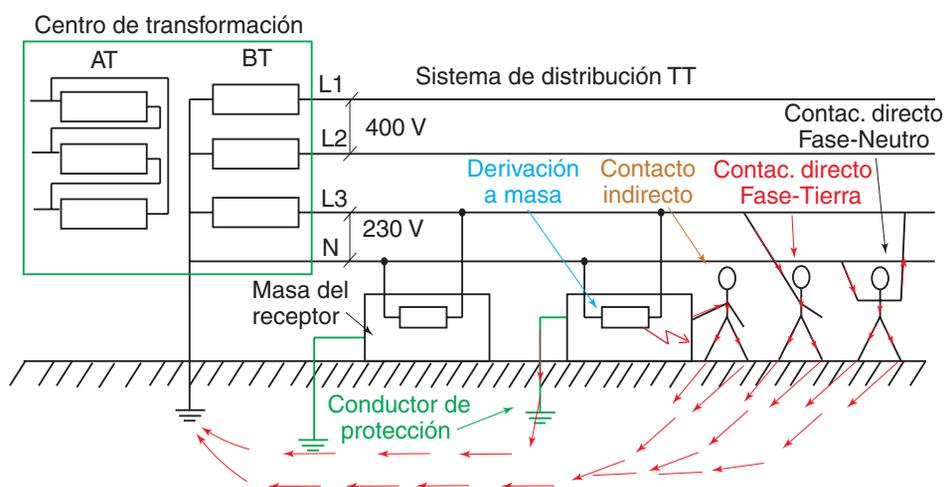
saber más

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.

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 7.2). 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 7.2.** Sistema de distribución TT con un contacto indirecto y dos contactos directos (Fase-Tierra y Fase-Neutro).



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 envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

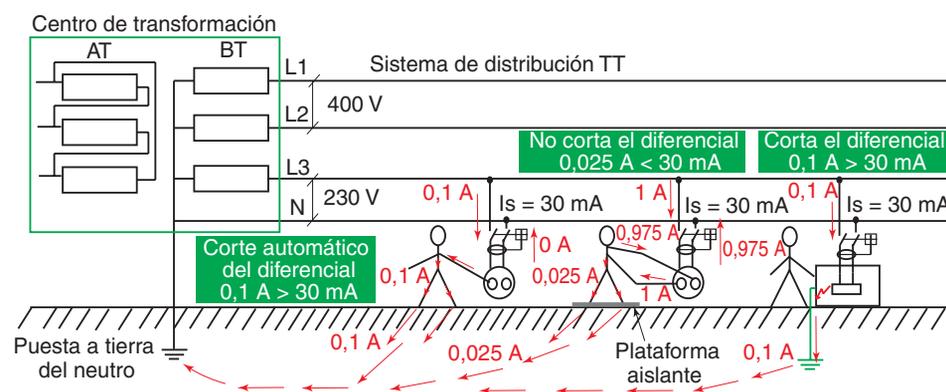
Las cuatro primeras (denominadas pasivas) están dirigidas a evitar el contacto directo, mientras que la quinta se basa en el corte automático del diferencial una vez que se ha producido el contacto, por tanto está destinada a complementar a las anteriores.

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 7.3 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 7.3).



↑ **Figura 7.3.** Actuación de un diferencial ante contactos directos e indirectos.

saber más

Las medidas de protección por aislamiento con barreras y envolventes 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 sólo tiene acceso personal autorizado, ya que no facilitan una protección total (salas de maquinas, 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:

$$R_{\text{Tierra}} \cdot I_{\text{Sensibilidad}} \leq U_{\text{Máxima de contacto}}$$



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.

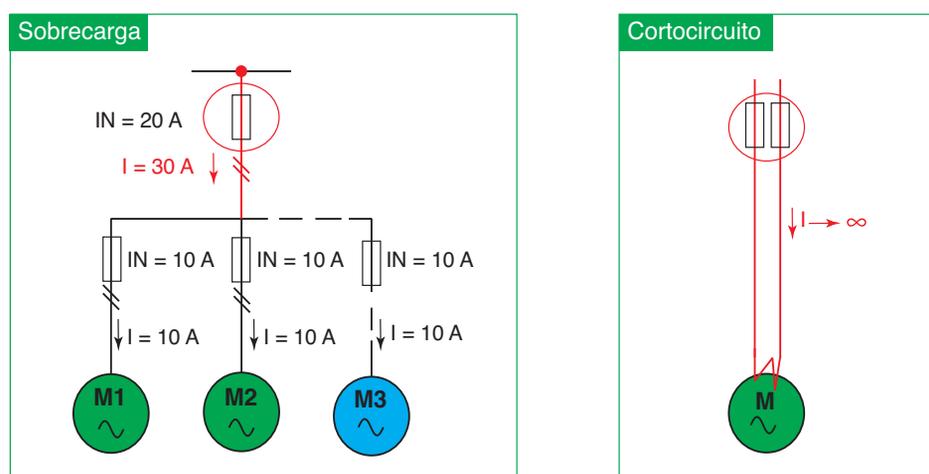
1.3. Sobreintensidad

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 7.4 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: ocurre 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.



↑ Figura 7.4. 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.



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 éste 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. Siendo este material el que confiere a los fusibles ser 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, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 500, 600, 630, 800, 1.000 y 1.250 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.
- **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 7.5. Características de los fusibles.

saber más

Los fusibles se identifican mediante dos letras siendo minúscula la primera y mayúscula la segunda.

La primera letra puede ser:

g: que indica que el fusible es capaz de cortar cualquier sobreintensidad que lo funda.

a: que indica que son fusibles de acompañamiento, es decir que deben estar en serie con otro dispositivo de protección, ya que éstos 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 lo mismo, e indican la protección para líneas o aparatos en general.

M: Protección de motores.

Aunque estas dos segundas letras son las más comunes en instalaciones eléctricas, existen otras tales como **R** para protección de equipos electrónicos, y **TR** para transformadores.

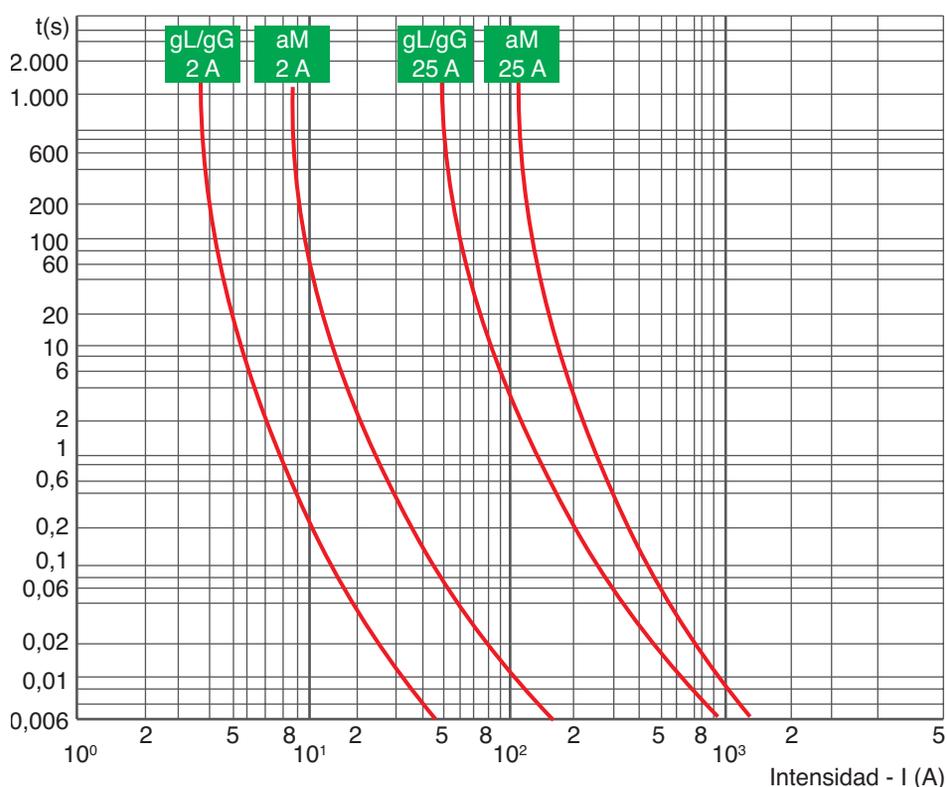


↑ Figura 7.6. Símbolo del fusible.



Los fusibles de uso general **gG** o **gL** 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.



↑ **Figura 7.7.** Ejemplo de curva de disparo de fusibles.

saber más

Los fusibles tipo **aM** únicamente realizan protección contra cortocircuitos pero no contra sobrecargas, motivo por el cual éstos deben ir acompañados de un dispositivo que realice esta última protección (por ejemplo, un relé térmico).

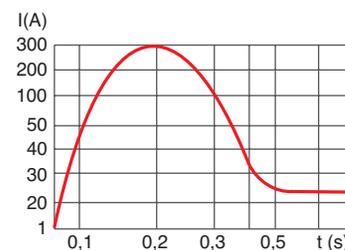
En la figura 7.7 se representa la curva intensidad-tiempo de dos fusibles tipo **gL/gG** y **aM** de 2 A y 25 A dada por los fabricantes. En ella podemos observar claramente la diferencia entre ambos tipos de fusibles.

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 éste 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 7.7. Supongamos que se conecta este fusible en una línea de protección de un motor que presenta una sobreintensidad máxima a los 200 ms en el arranque de 12 veces la intensidad nominal ($12 \cdot 25 = 300$ A), como se puede apreciar en la figura 7.8. Si se utiliza un fusible tipo **gL/gG** éste se fundiría a los 60 ms, con lo cual cortaría la línea sin que



el motor llegara a arrancar; ahora bien, si se utilizase un fusible de 25 A tipo **aM**, éste cortaría la corriente a los 500 ms, tiempo más que suficiente para que el arranque del motor no llegue a producir la fusión del fusible, motivo por el cual este tipo de fusibles son los utilizados para protección de motores que provocan elevadas sobreintensidades en el arranque.



↑ Figura 7.8. Punta de arranque de un motor.

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: 10x38, 14x51 y 22x58, 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 7.9. Bases portafusibles de 10x38/lcc max 100 kA.



↑ Figura 7.10. 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.

caso práctico inicial

Los fusibles Diazed se utilizarán como fusible de seguridad en la centralización de contadores del edificio donde se ubica la tienda.



↑ Figura 7.11. Fusibles Diazed.



↑ Figura 7.12. Bases Portafusibles tamaño D02 para fusibles Diazed.



↑ Figura 7.13. Detalle de conexión de base portafusibles Diazed sobre pletina en un embarrado de centralización de contadores.



saber más

Para una correcta inserción y extracción de fusibles NH se utiliza una herramienta especial denominada **manilla**, ésta posee un sistema de enganche sobre las pestañas de los fusibles que permite al operario una fácil inserción y extracción de dichos fusibles sin apenas esfuerzo.

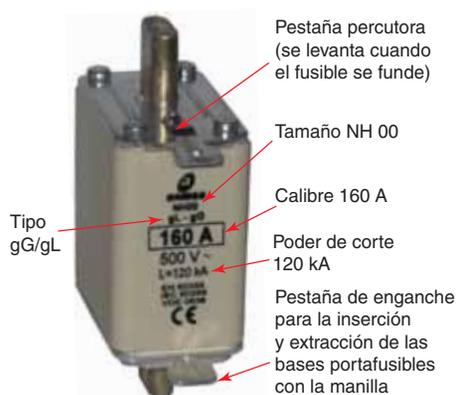


↑ **Figura 7.14.** Manilla de inserción y extracción de fusibles NH.

En el mercado se comercializan de diferentes tamaños, dos tipos son los básicos: **tipo D** (DII, DII 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, 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 7.15.** Fusible NH.



↑ **Figura 7.16.** Bases portafusibles NH00 de 160 A más seccionador para el conductor neutro.

saber más

En todas las bases portafusibles aparece una intensidad nominal que se corresponde con el calibre máximo del fusible que admite.

EJEMPLO

Una línea que alimenta una vivienda está protegida mediante un fusible cilíndrico de 22x58 de 25 A tipo gG. Está incorporado en el cuadro de protección y medida, cuya curva de intensidad-tiempo es la que muestra la figura 7.7. Teniendo en cuenta esta gráfica, se pide determinar el tiempo en el que el fusible se fundirá para una intensidad de cortocircuito de 200 A producida en bornes del contador.

Solución

Para el cálculo basta trazar una vertical desde el valor 200 A hasta la intersección de la curva, y una línea horizontal desde este punto hasta encontrar el valor del tiempo de corte del fusible, siendo dicho tiempo de 200 ms.

ACTIVIDADES

1. En un cuadro de control de un motor de 30 CV, 400 V, $\cos \phi = 0,87$, el cual por sus características de trabajo en el arranque provoca una sobrecorriente de 500 A durante un tiempo de aproximadamente unos 350 ms. Para la protección se utiliza un fusible tipo aM de 50 A con objeto de poder arrancar el motor sin que salten las protecciones. Se pide buscar en catálogos de fabricantes la curva de disparo del fusible, de forma que el tiempo de fusión del fusible a 500 A sea mayor a los 350 ms, que es la duración de la punta de arranque del motor.



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:

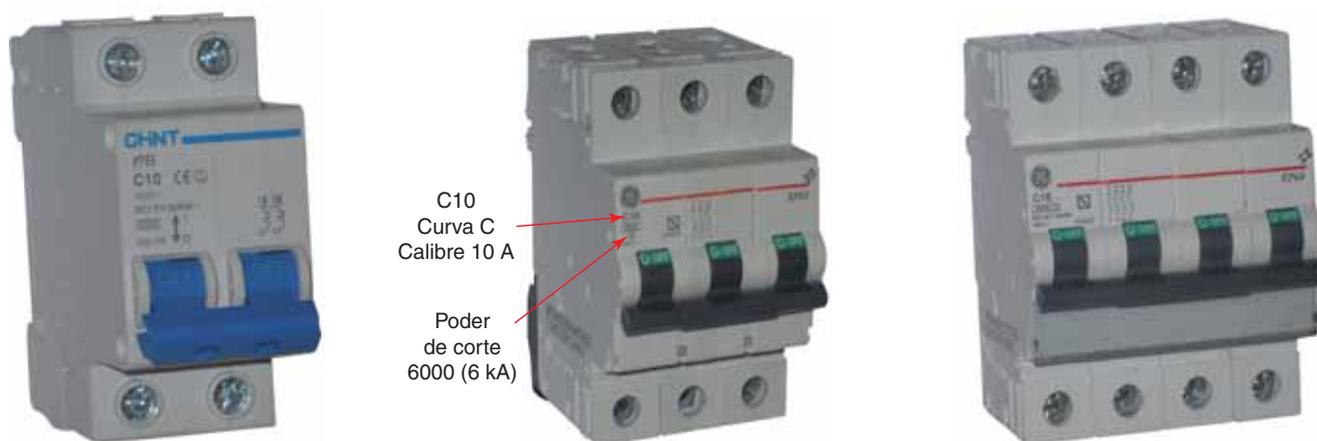
- **Corte magnético:** producido por un electroimán por el cual circula la corriente del circuito a proteger. Cuando la corriente sobrepasa el límite de intervención fijado, el electroimán genera una fuerza, que mediante un dispositivo mecánico realiza la apertura de los contactos.

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 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. Esta parte sería la encargada 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.

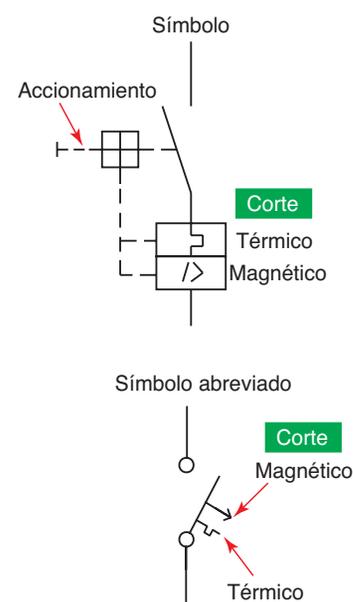
Los interruptores automáticos se comercializan de 4 tipos, unipolares, bipolares tripolares y tetrapolares. La figura 7.18 muestra tres tipos de automáticos.



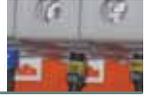
↑ Figura 7.18. Interruptores automáticos bipolar, tripolar y tetrapolar.

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 7.17 representa ambas formas de representación.



↑ Figura 7.17. Símbolos del interruptor automático.



3.2. Características y curvas de disparo

caso práctico inicial

Los interruptores automáticos realizan la protección de todos los circuitos frente a sobrecargas y cortocircuitos.

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 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, expresada en kA. A diferencia de los fusibles, cuya ventaja principal es precisamente su elevado poder de corte, los interruptores automáticos poseen un poder de corte muy inferior a los otros, siendo éstos del orden de 4, 5 kA, 6 kA, 10 kA y 20 kA. Debido a esto, todas las instalaciones interiores de baja tensión antes de conectarse a la línea de distribución deben disponer de un fusible, el cual realizará el corte de la línea para intensidades de cortocircuito elevadas producidas en la instalación interior.
- **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 .

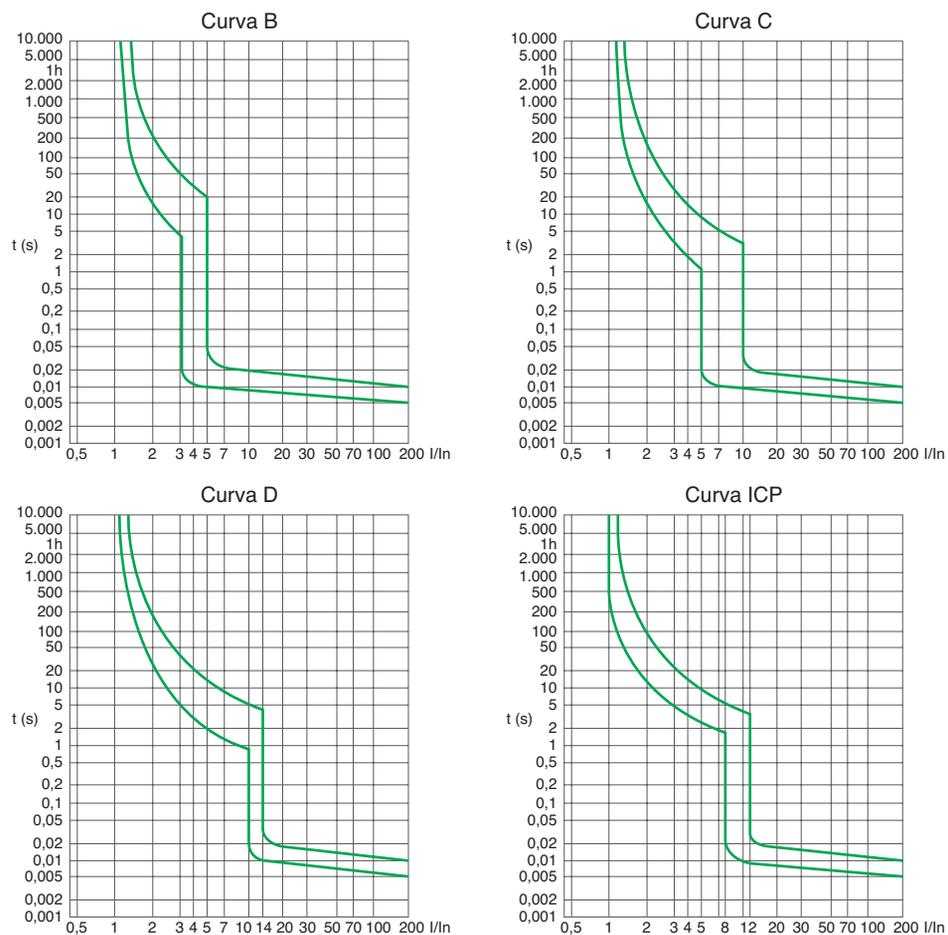
saber más

Interruptores automáticos compactos

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 compactos o de caja moldeada», siendo una de sus principales características su alto poder de corte.



↑ Figura 7.19. Interruptor automático compacto.



↑ Figura 7.20. Curvas de disparo para interruptores automáticos.



Estas curvas son ofrecidas por el fabricante para una serie de dispositivos de las mismas características independientemente del calibre, es decir, si por ejemplo para un automático de curva C representada en la figura 7.20 circulase una intensidad de 20 A por un automático de 10 A, esto supone 2 veces su I_n (20/10) y cortarían la corriente en un tiempo como mínimo de 10 segundos; ahora bien, si el automático fuese de 20 A en lugar de 10 A, esto supone una vez la I_n del dispositivo y, como podemos apreciar en la curva, no llegaría a cortar nunca.

El interruptor automático se elige no sólo por su calibre, sino por el tipo de receptor o instalación a proteger. Para ello se elige dependiendo 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 la 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 circuitos donde se prevean la conexión de receptores con grandes picos de intensidad, tales como grandes motores, etc.
ICP	Entre 5 y 8 veces I_n	Para su utilización como interruptor de control de potencia.

↑ **Tabla 7.2.**

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 25 CV, 400 V, $\cos \varphi = 0,73$, el cual, además de ser fuertemente inductivo, posee una elevada intensidad de arranque (unas 11 veces su intensidad nominal) durante un periodo de tiempo de unos 500 ms. La canalización se realiza con tubo helicoidal (tubo anillado) en montaje al aire, siendo la longitud de la línea de 6 m.

Se pide calcular la sección de los conductores para la máxima T^3 de trabajo de los conductores de PVC (permitiéndose una c.d.t del 4%), el diámetro del tubo y calibre del interruptor automático así como su curva de disparo.

Solución

Se utilizarán conductores unipolares tipo H07V-K, siendo por tanto el cálculo de su sección el siguiente:

a) Por c.d.t.

$$S = \frac{25 \cdot 736 \cdot 1,25 \cdot 6}{48 \cdot 16 \cdot 400} = 0,44 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2$$

b) Por I máx.

$$I = \frac{25 \cdot 736 \cdot 1,25}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,73} = 45,47 \text{ A}$$

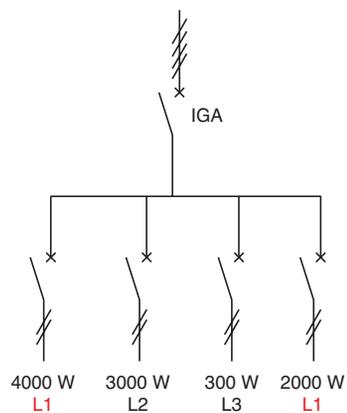
Según la tabla 1 de la ITC-BT 19 la sección del conductor debe ser de 16 mm² cuya I_{max} es de 59 A.

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 *anillado* debe ser de 32 mm.



saber más

Para líneas trifásicas a las que se conectan circuitos o cargas monofásicas, es conveniente buscar el mayor equilibrio posible evitando sobrecargar una de las fases. Esto podría hacer saltar las protecciones generales sin que se llegue a consumir la potencia total prevista para la instalación.



↑ **Figura 7.21.** Ejemplo de desequilibrio de fases. La fase L1 puede llegar a hacer disparar el IGA debido al riesgo de sobrecarga a causa de una mala distribución de cargas en el sistema trifásico.

EJEMPLO

Para establecer el interruptor automático de protección, en primer lugar, determinamos el calibre, valor que obtenemos mediante la expresión: $I_s < I_n \leq I_{m\acute{a}x}$. Siendo por tanto: $45,47 < 50 \leq 59$ A

Es decir, se utilizará un interruptor automático de 50 A.

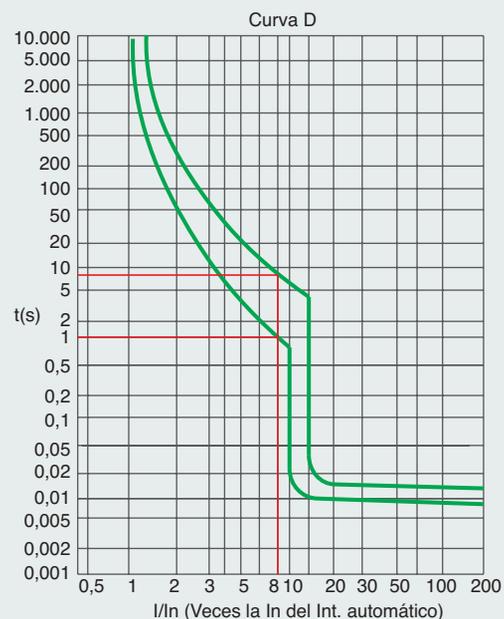
El siguiente paso es determinar la curva de disparo, siendo la más adecuada una **curva D** al ser un receptor fuertemente inductivo, ya que como podemos observar, el motor ofrece un factor de potencia relativamente bajo (0,73) y una elevada punta de arranque (11 veces su I_N), siendo la intensidad de arranque del motor de:

$$I_{\text{arranque}} = 11 \cdot \left(\frac{25 \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,73} \right) = 400 \text{ A}$$

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.

En el catálogo del fabricante la curva ofrecida es la de la figura 7.22, donde se puede observar que el interruptor automático para sobrecorrientes, de 8 veces su intensidad nominal, no disparará como mínimo hasta transcurrido 1 segundo, tiempo más que suficiente (mayor de 500 ms) para que el motor pueda arrancar sin que actúe el dispositivo de protección.



↑ **Figura 7.22.**

ACTIVIDADES

- Basándote en el ejercicio anterior, deduce qué ocurriría si en lugar de utilizar un interruptor automático con curva D, se hubiese utilizado uno con la curva C (representada en la figura 7.20), razonando la respuesta.
- Imagina que en un cuadro de contadores de una vivienda, en lugar de utilizar como elementos de protección fusibles se utilizasen interruptores automáticos, y se produjese dentro de la vivienda un cortocircuito de 25 kA ¿cuáles serían las consecuencias?



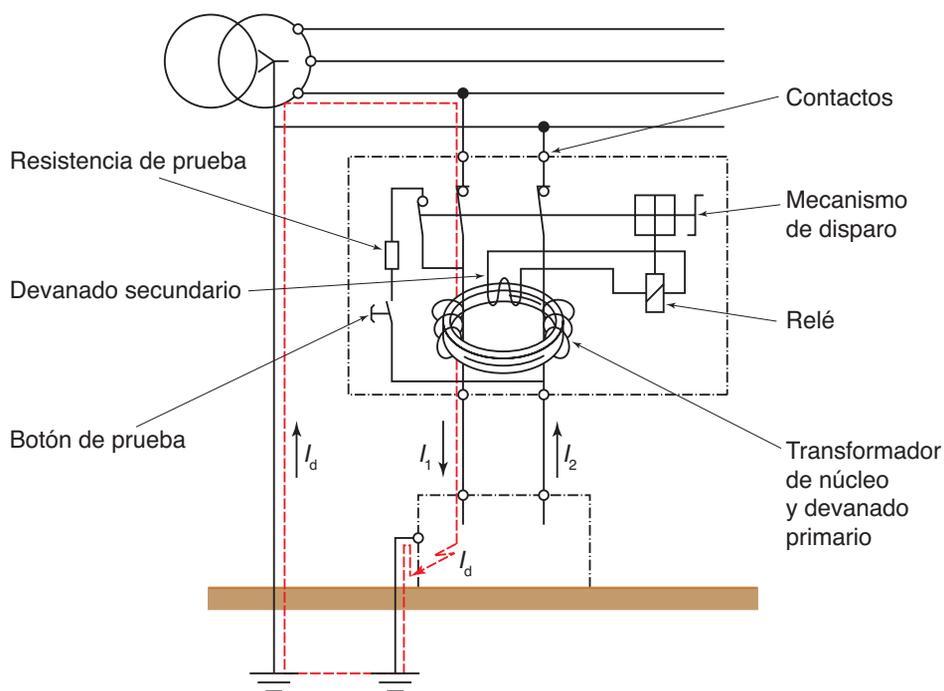
4. Interruptor diferencial

Es un dispositivo cuya misión es:

- **La protección de las personas contra contactos directos e indirectos:** de forma que cuando una persona entra en contacto de forma directa 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 esta forma 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.
- **La protección de la instalación:** contra defectos de aislamiento.
- **Protección contra riesgos de incendio:** debidos a una corriente de defecto a tierra persistente que no provoque la actuación del dispositivo de protección contra sobreintensidad, 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.

vocabulario

Aguas arriba

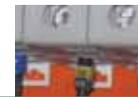
Se denomina a todos aquellos dispositivos conectados por encima de un determinado dispositivo al cual se hace referencia.

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.



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, éste 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:

saber más

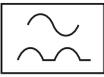
Cuando un diferencial general, supongamos de 300 mA, tiene conectados **aguas abajo** un determinado número de diferenciales, supongamos de 30 mA, éste puede llegar a cortar sin necesidad de que ningún diferencial de 30 mA haya cortado la corriente, simplemente por el mero hecho de que el diferencial general recoge la suma de las derivaciones de los diferenciales conectados aguas abajo, desconectando cuando dicha suma supere los 300 mA.

- **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 éste 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 7.3.**

- **Clase:** indica el tipo de desconexión, distinguiendo los siguientes tipos reflejados en la tabla 7.4:

Clase	Modo de de desconexión
AC 	Desconexión por defectos a tierra producidos por corrientes alternas, tanto si éstas 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 éstas 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 7.4.**

- **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.



Este tiempo de intervención, está estrechamente ligado a las características de sensibilidad y clase del diferencial. Siendo los tiempos de funcionamiento máximo los de la siguiente tabla, según la normas EN 61008/EN 61009.

Clase AC y A			Selectivos Clase S-AC y clase S-A		
1x Δ n	2x Δ n	5x Δ n	1x Δ n	2x Δ n	5x Δ n
0,3 s	0,15 s	0,04 s	0,5 s	0,20 s	0,15 s

↑ **Tabla 7.5.**

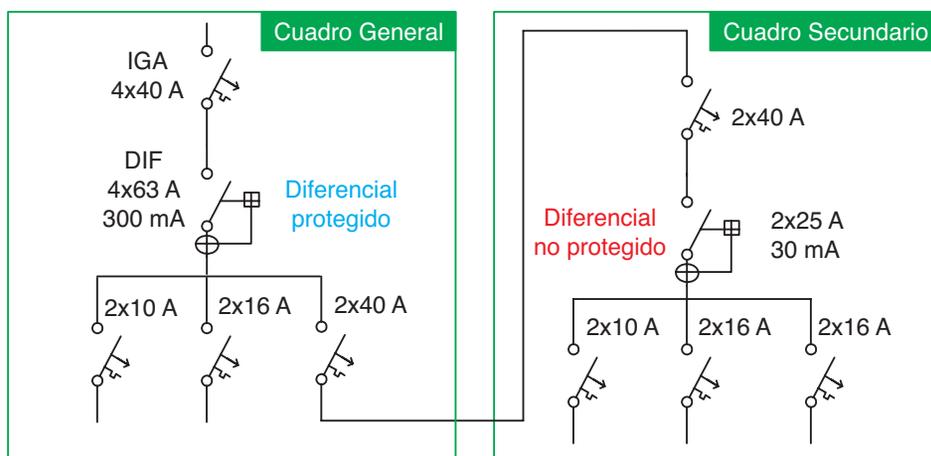
- **Número de polos:** se comercializan de dos tipos, bipolares (2 polos) y tetrapolares (4 polos).



↑ **Figura 7.25.** Interruptores diferenciales.

4.3. Protección de diferenciales

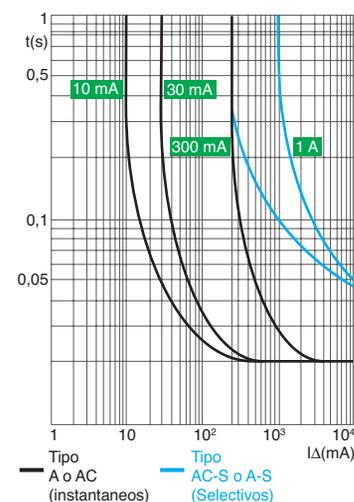
Un interruptor diferencial debe estar asociado a un dispositivo que realice la protección contra sobrecorrientes, es decir, un interruptor automático o un fusible, de forma que su intensidad nominal tenga un valor igual o mayor al dispositivo de protección contra sobrecorrientes que lo protege. La figura muestra un ejemplo en el cual existe un diferencial no protegido.



↑ **Figura 7.26.** Ejemplo de diferencial no protegido.

saber más

Como **no existen diferenciales tripolares**, cuando el suministro es trifásico sin neutro (230V trifásico), en el borne del neutro se debe puentear una de las fases para que funcione el pulsador de prueba y así poder comprobar su funcionamiento periódicamente.

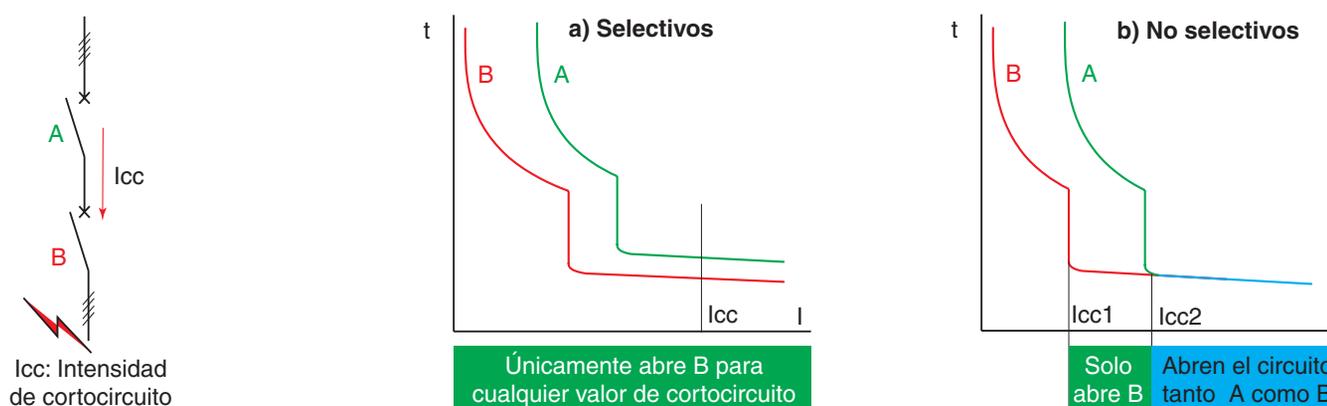


↑ **Figura 7.27.** Curvas de diferenciales.



5. Selectividad

Para entender este concepto, supongamos una instalación tal como muestra la figura 7.28. En ella se representan circuitos con protecciones en serie. La selectividad únicamente se consigue cuando se dispara el dispositivo de la zona afectada, de tal forma que un fallo en un circuito determinado no afecte al resto de la instalación, manteniendo así el resto de los circuitos funcionando con total normalidad.



En este ejemplo se muestra la conexión de dos interruptores automáticos y sus curvas de disparo correspondientes, de forma que para el **caso a)** para cualquier intensidad de cortocircuito en la línea protegida por el automático **B** únicamente abre este dispositivo, en esta situación se dice que **hay selectividad**.

Sin embargo para el **caso b)** si la intensidad de cortocircuito producida en el circuito que protege el dispositivo **B** estuviese comprendida entre los valores I_{lcc1} e I_{lcc2} , únicamente dispararía el interruptor automático **B**. Ahora bien, si la intensidad de cortocircuito fuese igual o mayor a I_{lcc2} dispararían los dos interruptores automáticos, en este otro caso se dice que **no existe selectividad** ya que únicamente debería disparar el dispositivo aguas abajo (**B**), debido a que un cortocircuito en la línea que protege provocaría el corte de toda la instalación protegida por el automático **A** afectando al resto de circuitos y aparatos conectados a él.

↑ **Figura 7.28.** Ejemplo de selectividad entre interruptores automáticos

Hay varias formas de conseguir la selectividad en función del tipo de instalación y de las características de funcionamiento de los receptores.

Una forma de conseguir la selectividad es instalando dispositivos de protección individuales por cada circuito o grupo de circuitos; para ello imaginemos una vivienda en la cual una sobrecarga, por ejemplo en el circuito de tomas de uso general (**C2**), afecte al resto de circuitos. Como ya sabemos este circuito está siempre separado del resto mediante un interruptor automático individual, sin embargo no existe selectividad con los circuitos con los que comparte protección diferencial, es decir, una derivación en un receptor conectado al circuito **C2** realizará la desconexión del diferencial asociado a él, provocando por tanto la desconexión del resto de circuitos conectados a dicho diferencial.

Imaginemos una instalación industrial donde una determinada máquina por sus características de funcionamiento no puede verse afectada por ningún fallo del resto de los receptores. En este caso, para conseguir una selectividad en el circuito de alimentación de dicha máquina, tanto el dispositivo de protección de corte contra sobreintensidades como diferencial, deben ser exclusivos para dicho circuito.

Pero esto no puede ser suficiente para conseguir una selectividad total ya que hay varios factores a tener en cuenta. Los métodos para conseguir selectividad son los siguientes:



- **Por tiempo o cronométrica en caso de cortocircuitos:** como ya sabemos, cuando se producen cortocircuitos, las intensidades son muy elevadas de forma que, por ejemplo, un cortocircuito en un determinado circuito protegido por un fusible de 63 A puede no dispararse debido a que el fusible conectado **aguas arriba**, supongamos con un valor de 100 A, realiza el corte antes que el propio circuito afectado debido a que éste posee un tiempo de actuación para elevadas intensidades menor que el de 63 A del circuito afectado.

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 dispositivo conectado **aguas abajo** tenga tiempo suficiente para desconectar su circuito sin que afecte al resto de la instalación.

Este tipo de selectividad no puede ser utilizada en instalaciones de pequeña potencia. Por ejemplo, no se debe elegir un fusible de seguridad instalado en la caja de protección y medida de una vivienda con retardo respecto del Interruptor General Automático (IGA) debido a que los pequeños interruptores automáticos no son capaces de soportar la elevada intensidad pasante que produce un cortocircuito, ya que esto podría ocasionar la destrucción de dicho dispositivo.

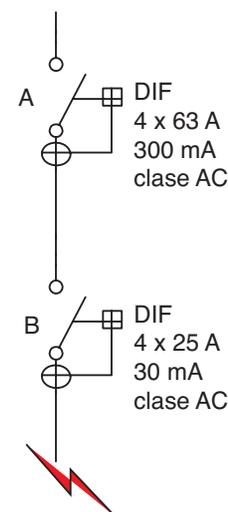
- **Por intensidad:** se consigue utilizando dispositivos de protección ubicados **aguas arriba** con una intensidad superior a los dispositivos de protección ubicados **aguas abajo**. Para entender este concepto supongamos una vivienda de grado elevado en la cual el circuito de alumbrado, como ya sabemos, posee un PIA de 10 A, y se instala un IGA de 40 A.

Veamos los dos diferenciales de la figura 7.29. Aunque sean del mismo fabricante y de las mismas características, **no** hay garantía de **selectividad** de disparo si el de **aguas arriba** no es de tipo selectivo. Cuando exista un defecto a tierra de elevada intensidad, ambos diferenciales disparan al mismo tiempo, con lo cual no está garantizada la selectividad. Esto lo podemos comprobar fácilmente en la curva de disparo de la figura 7.27, donde se observa que para una intensidad de defecto a tierra de unos 5A ambos diferenciales disparan. Este es el motivo por el que en diferenciales la **selectividad por intensidad** nunca está garantizada, y para conseguirla hay que instalar **aguas arriba** diferenciales **selectivos de clase S**, a diferencia de automáticos y fusibles en los cuales no existe esta característica.

En definitiva, desde el final hasta el origen de la instalación, los tiempos de disparo han de ir aumentando de forma escalonada. Siendo importante el estudio de todas las curvas de disparo de todos los dispositivos de protección de forma que no se cruce ninguna, esto es importante sobre todo en instalaciones industriales en las cuales el fallo de una máquina o circuito no debe afectar al resto de la instalación, ya que esto podría, según las características de la industria, afectar al normal funcionamiento de la misma.

saber más

Cuando se instalan diferenciales en serie o cascada, el primer diferencial tiene que ser de **tipo S** (selectivo), para que haya selectividad, de forma que cuando se produzca un defecto a tierra en un circuito asociado a un diferencial realice la desconexión el diferencial correspondiente y **no** el situado **aguas arriba**, ya que esto provocaría la desconexión del total de la instalación asociada al primer diferencial.



Defecto a tierra de 5 A

↑ **Figura 7.29.** Ejemplo en el cual no está garantizada la selectividad frente a defectos a tierra de elevada intensidad en la cual ambos diferenciales pueden desconectar la línea, aunque el diferencial **A**, aguas arriba del diferencial **B** tenga una sensibilidad mayor.

ACTIVIDADES

4. En el cuadro general de mando y protección de una instalación eléctrica, existe un diferencial general de 500 mA de sensibilidad, y aguas abajo de éste último se instalan varios circuitos protegidos por diferenciales de 30 mA de sensibilidad. Una vez puesta en marcha la instalación, en ciertas derivaciones a masa de algunos circuitos, se disparan tanto los diferenciales que protegen a dichos circuitos como el diferencial general, lo que repercute en el corte general de la instalación. ¿Cuál crees que es la causa de dicha anomalía? ¿Cuál sería la solución, dado que por las características de la instalación es obligatorio la instalación del diferencial general?



saber más

Diferenciales reenganchables

Este tipo de diferenciales desconectan la alimentación, al igual que los convencionales, en caso de derivaciones, pero tienen la particularidad de que una vez desaparecida la derivación se rearman de forma automática.



↑ **Figura 7.30.** Diferencial con reenganche automático.

EJEMPLO

Supongamos que se produce un cortocircuito con una intensidad de 1 kA en un circuito de alumbrado protegido con un automático de 10 A, es decir, de 100 veces su intensidad nominal. Por encima de él (*aguas arriba*), se encuentra un IGA de 40 A. Ambos dispositivos del mismo fabricante y con la misma curva de disparo (curva C), reflejada en la figura 7.20. Se pide calcular, a través de la tabla de la figura, los tiempos de disparo de ambos interruptores automáticos, y decir si existe selectividad.

Solución

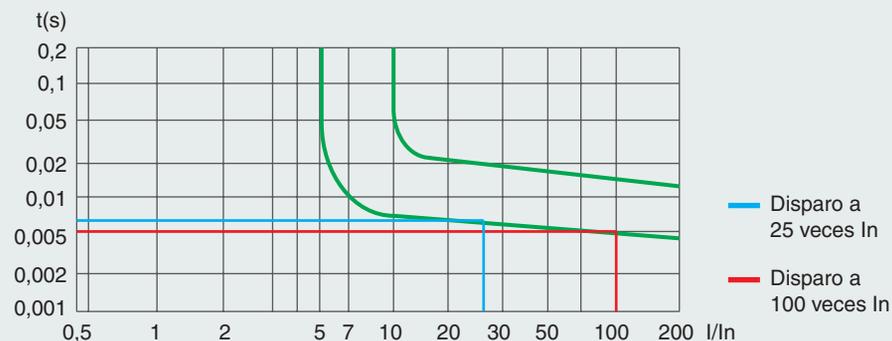
Para un cortocircuito de 1 kA (100 veces la intensidad nominal del automático de 10 A), la curva de la figura 7.31 refleja que dicho automático disparará como mínimo a los 5 ms.

Para el IGA de 40 A la intensidad de cortocircuito de 1 kA supone:

$$I/I_n = \frac{1.000}{40} = 25 \text{ veces la } I_n \text{ del automático de 40 A}$$

Sin embargo, para este automático, como podemos apreciar claramente, la intensidad de cortocircuito es 2,5 veces inferior a la del automático de 10 A, siendo su tiempo mínimo de disparo ligeramente superior, de aproximadamente unos 6 ó 7 ms.

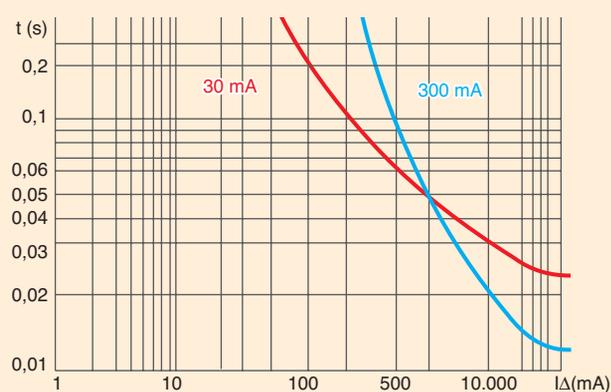
Por tanto sí existe selectividad, denominándose *selectividad por intensidad*.



↑ **Figura 7.31.**

ACTIVIDADES

5. 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.**



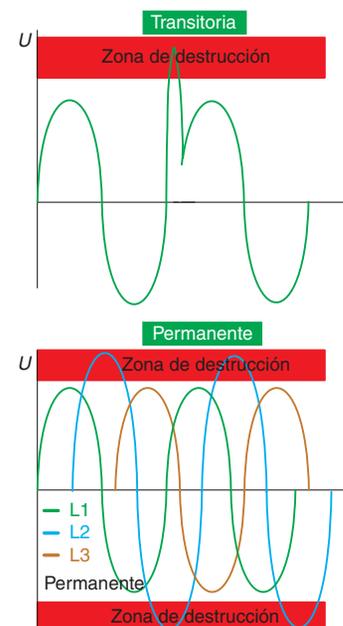
6. Protección contra sobretensiones

Hay que destacar dos tipos de sobretensión:

- **Transitorias:** son de corta duración, del orden de μs , y se producen como consecuencia de conmutaciones o maniobras en la red, como por ejemplo conexiones de cargas inductivas. También pueden ser originadas por el impacto de un rayo. En cualquier caso, cuando el pico de tensión alcanza un valor no soportado por el equipo, éste puede destruirse.
- **Permanentes:** se deben a la rotura del neutro. 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.

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 y con la línea de tierra.



↑ **Figura 7.33.** Tipos de sobretensiones.



↑ **Figura 7.34.** Protectores trifásico y monofásico contra sobretensiones transitorias.

Existen diferentes tipos según la tecnología aplicada en su construcción:

Tipo **varistor** (resistencia variable), 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, aunque ésta 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.

saber más

Según el REBT

A lo largo del REBT aparece con frecuencia el término **corte omnipolar no simultáneo**, que se refiere a los aparatos de maniobra y protección de las líneas trifásicas. Consiste en la conexión del neutro antes que las fases, y en la desconexión de las fases antes que el neutro. Esto es debido a que se debe garantizar en todo instante que no estén conectadas las fases sin el neutro, ya que en caso contrario se producirían **sobretensiones** en la línea.



saber más

Existen tres tipos de protecciones contra sobretensiones:

Tipo 1: denominado **basto**, con capacidad de absorción de energía Muy alta-Alta, rapidez de respuesta Media-Alta y origen de la sobretensión por impactos de rayo.

Tipo 2: denominado **medio**, con capacidad de absorción de energía Media-Alta, rapidez de respuesta Media-Alta y origen de la sobretensión de origen atmosférico y conmutación.

Tipo 3: denominado **fino**, con capacidad de absorción de energía Baja, rapidez de respuesta Muy alta y origen de la sobretensión de origen atmosférico y conmutación.



↑ **Figura 7.35.** Símbolo del limitador de sobretensiones.

Hay que destacar que los limitadores más utilizados están diseñados para sobretensiones transitorias y no para sobretensiones elevadas **permanentes** ya que acabarían quemándose. Por tanto éstos no ofrecen garantía de protección frente a sobretensiones producidas, por ejemplo, por avería del neutro, ya que esta sobretensión puede ser duradera. Para este último caso, si la instalación por sus características requiere este tipo de protección, se deben instalar limitadores contra sobretensiones permanentes, tensiones no mayores de un 10% del valor nominal que se mantienen en el tiempo durante varios ciclos o de forma permanente.

6.2. Características técnicas y elección de limitadores

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 max (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 ($230 \cdot 1,1 = 253$ V), siendo por tanto la tensión máxima en régimen constante que éste soporta sin quemarse de 253V.

En el mercado se comercializan de tres tipos: bipolares (2 polos) tripolares (3 polos) y tetrapolares (4 polos).

Para su elección hay que tener en cuenta: por un lado la **ubicación geográfica** de la zona en la que se encuentre la instalación (si es zona susceptible a descargas de rayos y tipo de red de distribución), y por otro lado es conveniente su utilización cuando se requiera la protección de **receptores sensibles**, por ejemplo en equipos informáticos y electrónicos. Un caso lo encontramos en equipos repetidores de TV, donde por sus características e importancia se requiere un alto grado de protección.

En definitiva, el objetivo es que la actuación del dispositivo de protección reduzca la **sobretensión transitoria** a un valor de tensión inferior al máximo que cualquier equipo a proteger puede llegar a soportar. Y para conseguir dicho objetivo puede ser necesaria la instalación de más de un dispositivo limitador.

Cuando el local o edificio disponga de pararrayos o éste esté ubicado cercano al emplazamiento de la instalación, será necesario instalar además en el origen de la instalación un limitador de **Tipo 1**.



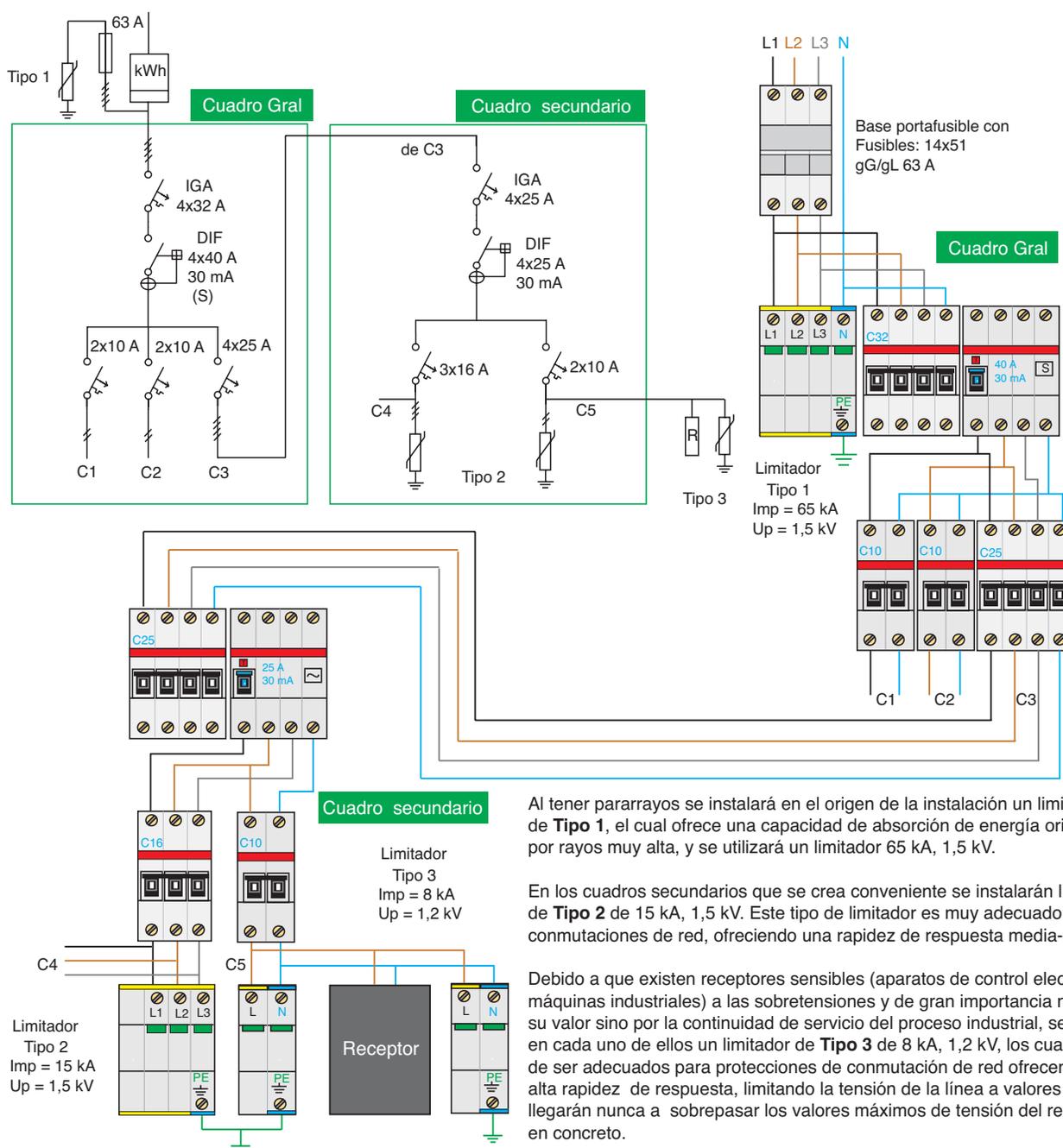
En cuanto a la protección de equipos sensibles (susceptibles a averías por picos de sobretensión), es muy difícil que un solo limitador en la instalación pueda garantizar la protección total de los receptores. Por ese motivo se pueden combinar más de dos limitadores, colocándose en la instalación interior limitadores de **Tipo 2** o de **Tipo 3**.

Para entender esto supongamos una industria donde hay instalado un pararrayos y se prevén descargas atmosféricas provocadas por rayos. La instalación eléctrica contiene un cuadro general y varios cuadros secundarios, así como receptores sensibles de control electrónico, de maquinaria industrial, protegidos contra sobretensiones de forma individual. La figura 7.36 muestra el esquema unifilar y el esquema de montaje del cuadro general y de un cuadro secundario de la instalación.

saber más

En instalaciones de viviendas el limitador se conecta entre el IGA y el Interruptor diferencial.

Y en cualquier tipo de instalación donde se instalen limitadores contra sobretensiones, éstos deben estar protegidos siempre contra sobrecargas mediante magnetotérmicos o fusibles.



Al tener pararrayos se instalará en el origen de la instalación un limitador de **Tipo 1**, el cual ofrece una capacidad de absorción de energía originada por rayos muy alta, y se utilizará un limitador 65 kA, 1,5 kV.

En los cuadros secundarios que se crea conveniente se instalarán limitadores de **Tipo 2** de 15 kA, 1,5 kV. Este tipo de limitador es muy adecuado para conmutaciones de red, ofreciendo una rapidez de respuesta media-alta.

Debido a que existen receptores sensibles (aparatos de control electrónico de máquinas industriales) a las sobretensiones y de gran importancia no solo por su valor sino por la continuidad de servicio del proceso industrial, se colocarán en cada uno de ellos un limitador de **Tipo 3** de 8 kA, 1,2 kV, los cuales además de ser adecuados para protecciones de conmutación de red ofrecen una muy alta rapidez de respuesta, limitando la tensión de la línea a valores que no llegarán nunca a sobrepasar los valores máximos de tensión del receptor en concreto.

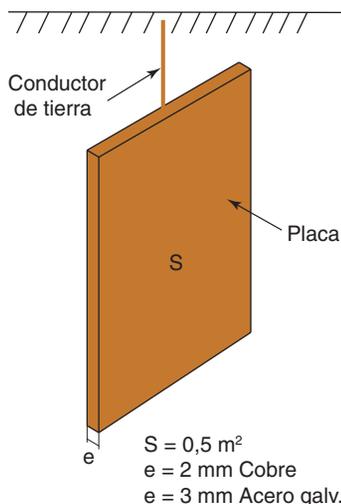
↑ **Figura 7.36.** Esquema de una instalación con limitadores.



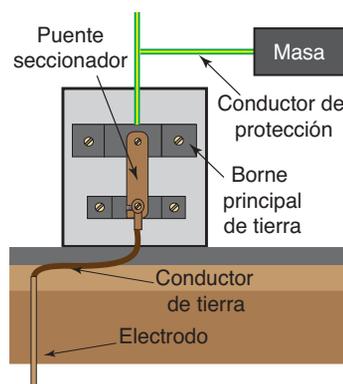
7. Instalaciones de puesta a tierra



↑ Figura 7.37. Picas y grapa.



↑ Figura 7.38. Placas.



↑ Figura 7.39. Representación esquemática 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.

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 se 35 mm² de sección como mínimo.
- **Placas** rectangulares o cuadradas con un espesor mínimo de 2 mm si éstas 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.

7.2. Conductores de tierra y bornes de puesta a tierra

En toda instalación de tierra debe haber un **borne de puesta a tierra**, éste 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 envolvente, si no llevan protección mecánica serán de 16 mm² 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 25mm² para el cobre. Aunque se recomienda que esta sección sea de 35 mm² si va enterrado, y de 50 mm² si son de hierro.

7.3. Conductores de protección

Los conductores 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.



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 difundirse 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.

7.5. Medidas de puesta a tierra

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 telurómetro y su uso y manejo depende del modelo atendiendo a las especificaciones del fabricante.

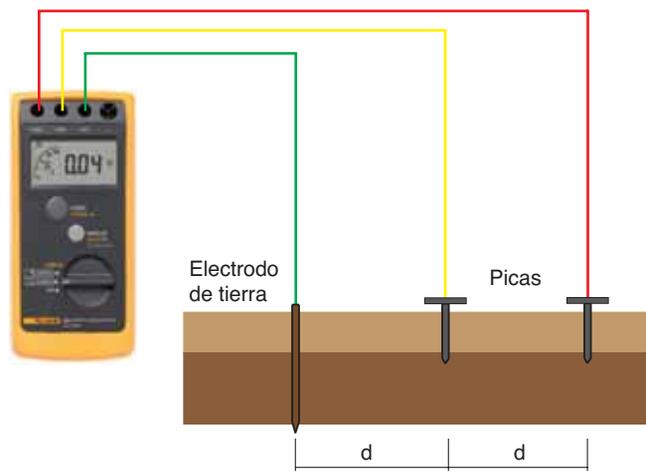
Las figuras 7.41 y 7.42 muestran de forma gráfica una medición de tierra.

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.



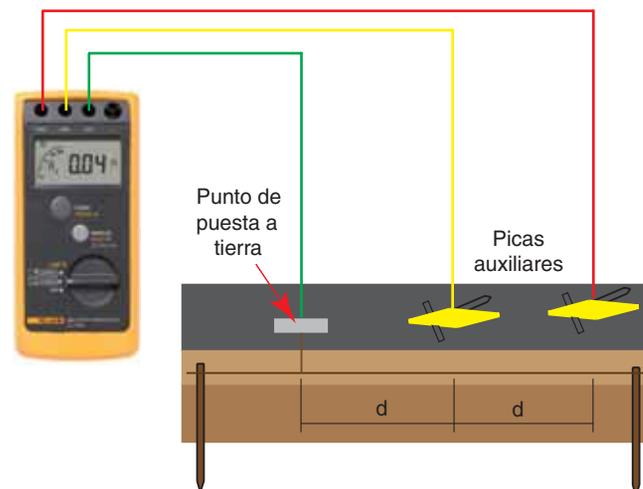
↑ Figura 7.40. Telurómetro (FLUKE).



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 ésta 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 7.41. Medición de tierra con 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 realiza 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.

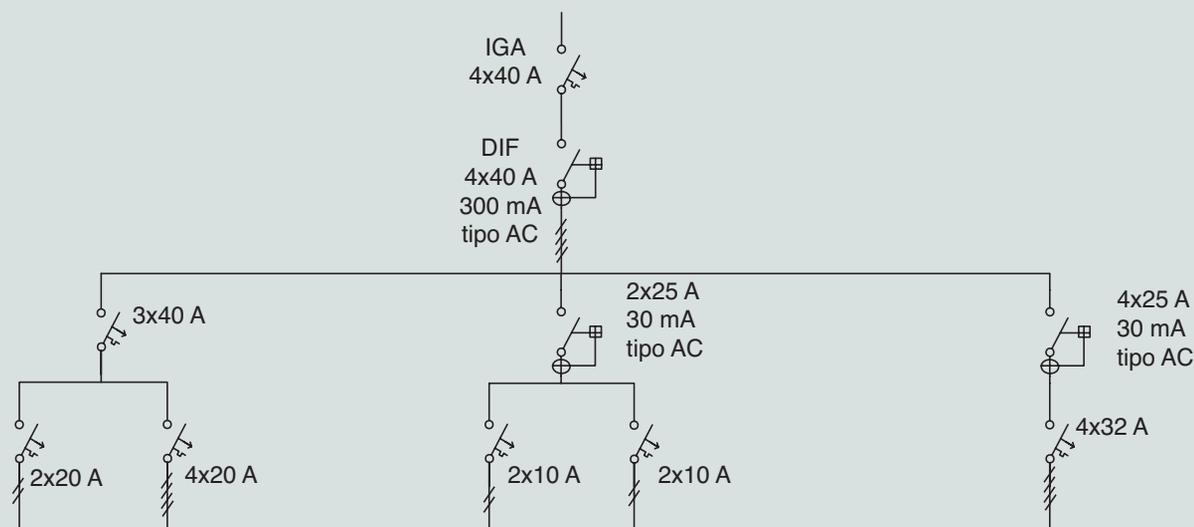
Las distancias de separación serán las mismas que si éstas estuviesen clavadas en el terreno.

↑ Figura 7.42. Medición de tierra con picas posadas en el suelo.



ACTIVIDADES FINALES

- 1. El circuito de la figura muestra un esquema de un cuadro secundario. Determina las anomalías que encuentres razonado la respuesta.



↑ Figura 7.43.

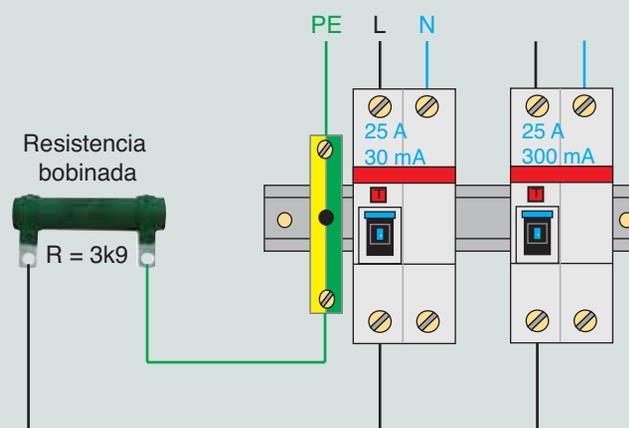
- 2. En una vivienda, al circuito de tomas corriente de uso general (C2) protegido por un PIA C16, se conectan tres calefactores: uno de ellos de 2000 W, otro de 1600 W y otro de 600 W. Se pide:
- Determinar la intensidad que circulará por dicho circuito.
 - En función de la intensidad calculada, determina 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 7.20, determina aproximadamente 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 en una industria posee un diferencial (A) selectivo de 300 mA clase AC-S, de él parten diferentes líneas que alimentan a diferentes cuadros secundarios, los cuales poseen cada uno ellos diferenciales (B) de 30 mA clase AC conectados de forma individual a cada uno de los circuitos que protege frente a derivaciones a tierra. La protección individual de cada circuito se realiza con el objeto de que una derivación en uno de los circuitos no afecte al resto, debido a las características de funcionamiento de la industria. Si en uno de los circuitos individuales protegidos por los diferenciales de 30 mA se produjese una derivación a tierra de 1 A. Se pide:
- Determinar los tiempos de disparo de los diferenciales A y B según la curvas de la figura 7.27.
 - ¿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 el circuito C3 de un valor de 10 A, ¿cuál saltaría antes? ¿Existe selectividad en este caso?
- 4. Realiza una medición de tierra utilizando los dos procedimientos descritos en las figuras 7.41 y 7.42. Para ello debes clavar una pica en el terreno y clavar también 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. Para el segundo proceso busca una zona donde haya hormigón, roca, etc. y utiliza unas bayetas humedecidas en agua con sal. Envuelve las picas en la bayeta, pósalas sobre el suelo y realiza la medida.



- 5. Con objeto de probar el funcionamiento de diferenciales, monta en el panel de prácticas el circuito de la figura 7.44. Para ello conecta una resistencia bobinada (disipan gran potencia) de 3K9 entre fase (a la salida del diferencial de 30 mA) y tierra, y comprueba el disparo del éste, ya que provocarás una corriente a tierra de aproximadamente unos 60 mA.

Repite la actividad anterior con un diferencial de 300 mA, calculando previamente la resistencia adecuada.

Por último, conecta la alimentación al diferencial de 300 mA, y conecta éste, a su vez, en serie con el de 30 mA. Conecta la salida de fase de este último diferencial directamente a tierra para provocar un defecto a masa «franco» con objeto de probar la selectividad entre ambos diferenciales.



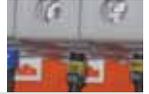
↑ Figura 7.44.

entra en internet

- 6. A través del buscador web, encuentra en catálogos de fabricantes como Merlin Gerin, Siemens, etc. información sobre los diferenciales reenganchables. Comprueba sus utilidades y ventajas frente a los convencionales y, en función de ello, deduce cuándo es conveniente su uso.

test de Rebt

- 7. Realiza el siguiente test del REBT de las instrucciones ITC-BT 18, 23 y 24.
 1. En una instalación eléctrica la resistencia de toma de tierra es de 100Ω , la sensibilidad del diferencial si pertenece a un emplazamiento mojado, será de:
a) 10 mA b) 30 mA c) 300 mA
 2. La sección mínima de los conductores de cobre de puesta a tierra protegidos contra la corrosión y sin protección mecánica será de:
a) 10 mm² b) 16 mm² c) 35 mm² d) 50 mm²
 3. La protección de equipos informáticos y electrónicos contra sobretensiones se realizará con limitadores de tipo:
a) Tipo 1. b) Tipo 3. c) Tipo 3. d) Tipo 4. e) Con cualquier tipo.
 4. Las sobreintensidades en un circuito pueden estar originadas por:
a) Elevadas derivaciones a tierra. b) Por sobrecargas o por cortocircuitos. c) Por sobretensiones.
 5. El dispositivo adecuado para la protección contra cortocircuitos será:
a) Relé térmico. b) Interruptor diferencial.
c) Interruptor automático. d) Limitadores de cortocircuitos.
 6. Puede un ICP ser considerado como dispositivo de protección contra sobreintensidades.
a) No. b) Sí. c) Únicamente si no existe IGA en la instalación.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

MATERIAL

- Cuatro int. automáticos de 2x10 A.
- Dos int. automáticos de 2x16 A.
- Un int. automático de 2x25 A.
- Un int. automático de 4x40 A.
- Un diferencial selectivo de 4x40 A/0,3 A.
- Cinco diferenciales de 2x25 A.
- Un limitador contra sobretensiones tetrapolar.
- Un interruptor horario.
- Tres fusibles Neozed D02 63 A y tres bases portafusibles.
- Cable de 6 mm².
- Carril DIM y pletinas.

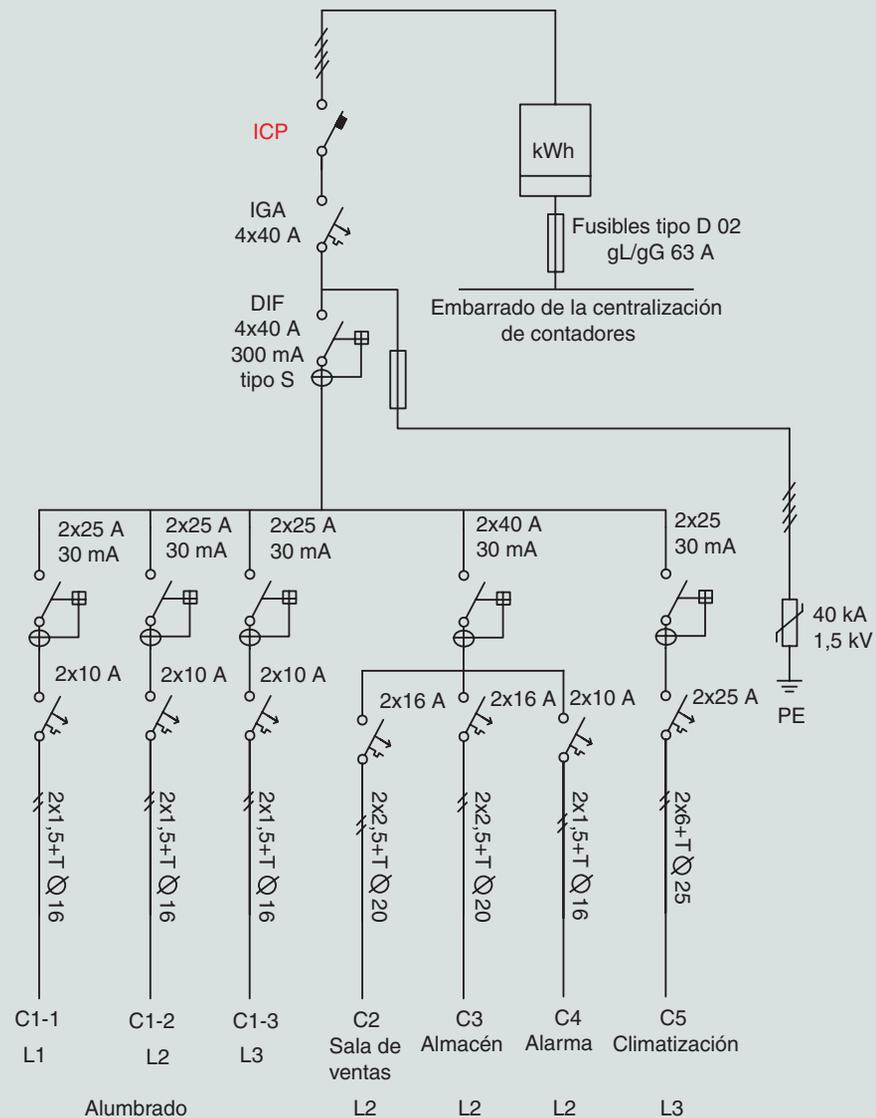
Instalación de un Cuadro General de Mando y Protección de un local comercial

OBJETIVO

Realizar el montaje del Cuadro General de Mando y Protección, así como la instalación eléctrica del local.

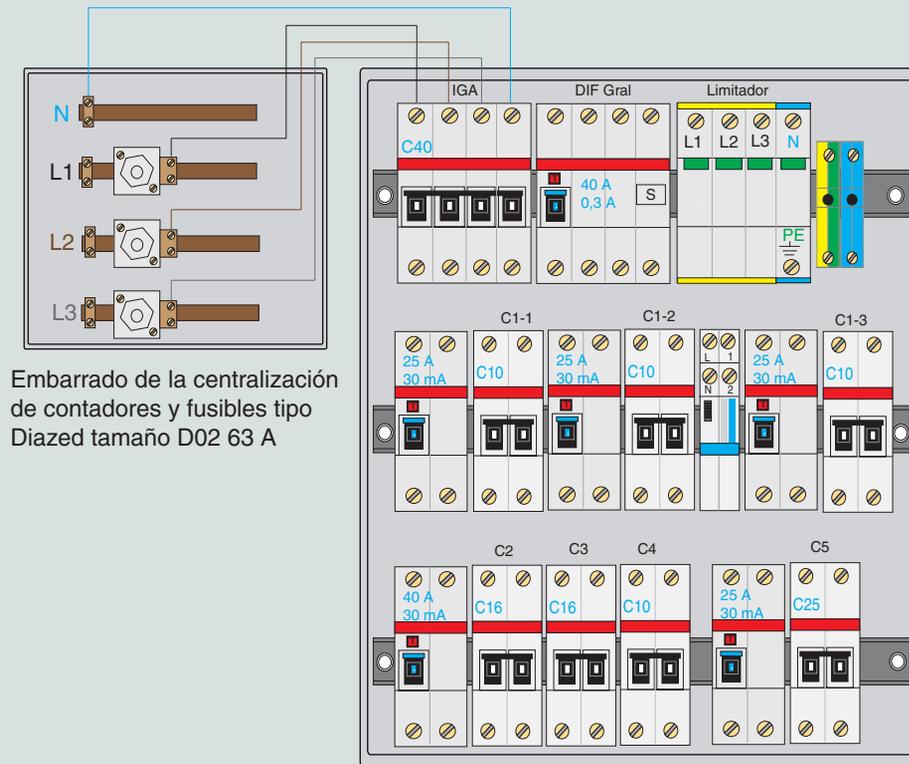
DESARROLLO

1. Dibuja el esquema unifilar del cuadro general de protección.





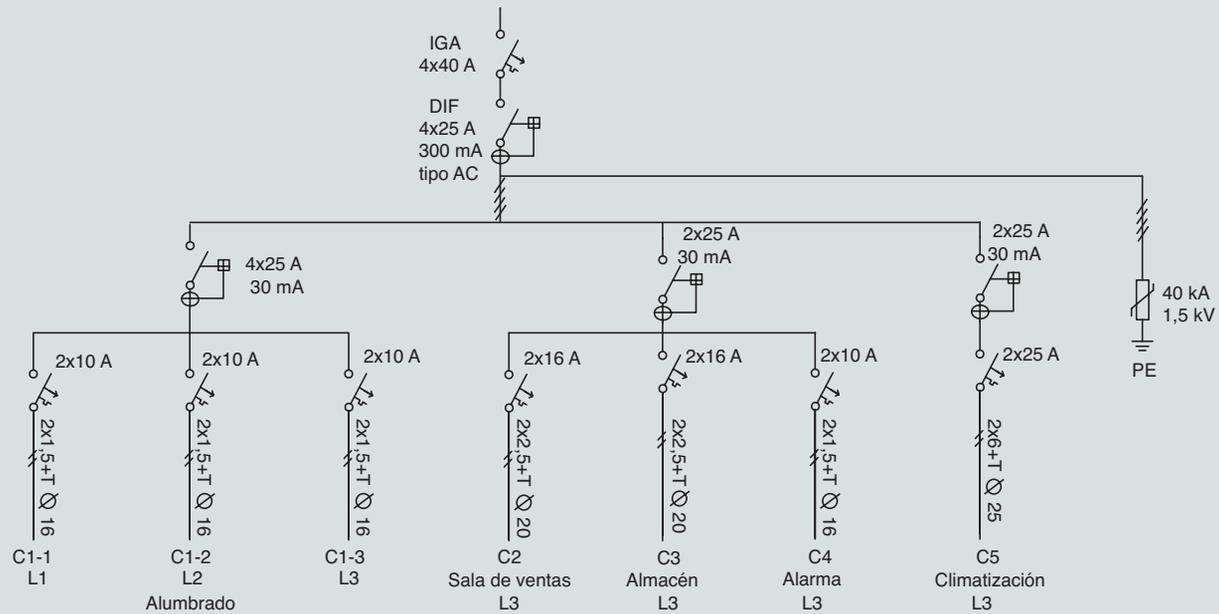
2. Realiza el montaje del Cuadro General de Mando y Protección y su conexionado según el esquema unifilar.



Embarrado de la centralización de contadores y fusibles tipo Diazed tamaño D02 63 A

↑ Figura 7.46. Esquema de montaje del CGMP.

3. Si se realizase el esquema unifilar para el cuadro general de protección de la instalación del local según muestra la figura, identifica las anomalías e inconvenientes de este nuevo esquema frente al anterior.



↑ Figura 7.47.



PRÁCTICA PROFESIONAL 2

MATERIAL

- Cuadro General de Mando y Protección montado en la práctica anterior.
- Interruptores, conmutadores, tomas de corriente 16 A 2p+T.
- Lámparas y portalámparas.
- Cable de 1,5 mm², de 2,5 mm² y de 6 mm².
- Tubo corrugado de 16, 20 y 25 mm, abrazaderas, cajas de registro, etc.

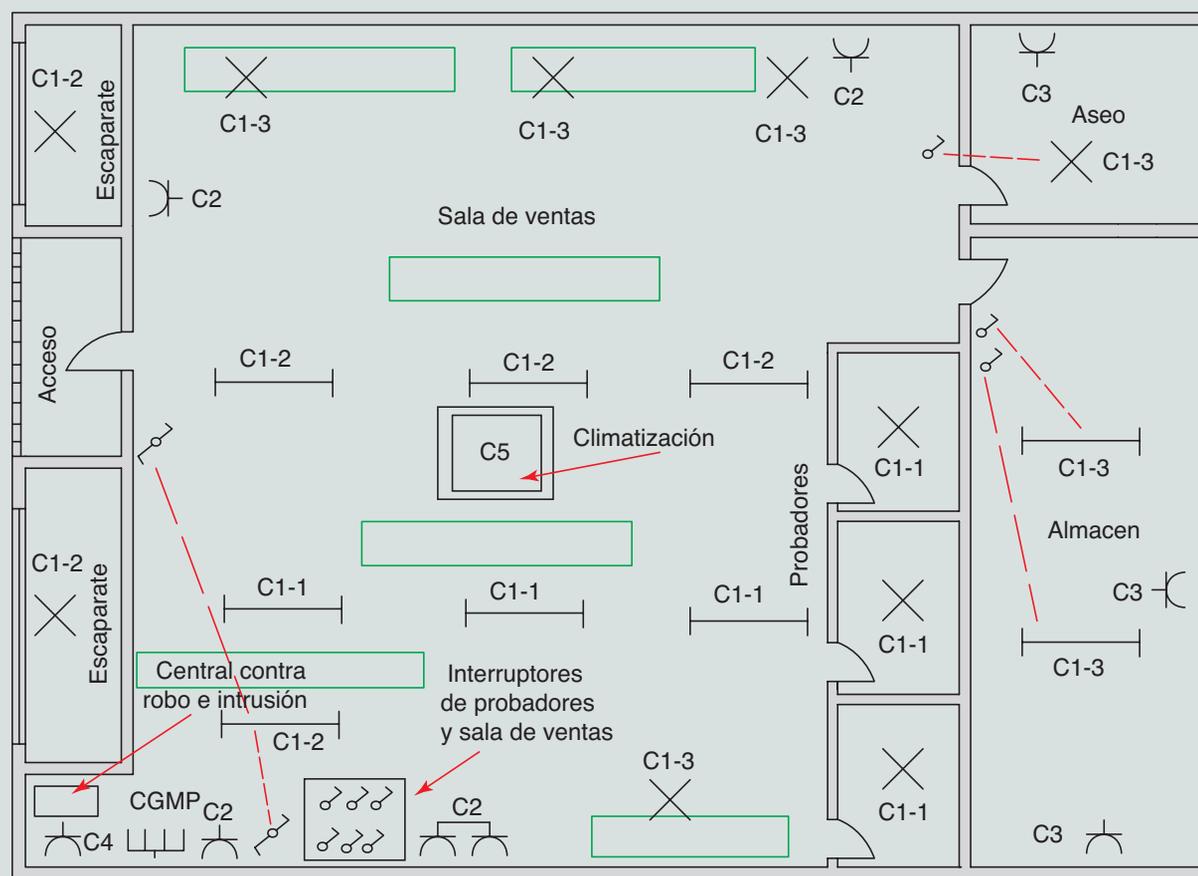
Instalación eléctrica interior de un local comercial

OBJETIVO

Realizar el montaje de la instalación interior del local, conectando el Cuadro General de Mando y Protección realizado en la práctica anterior y probar su funcionamiento.

DESARROLLO

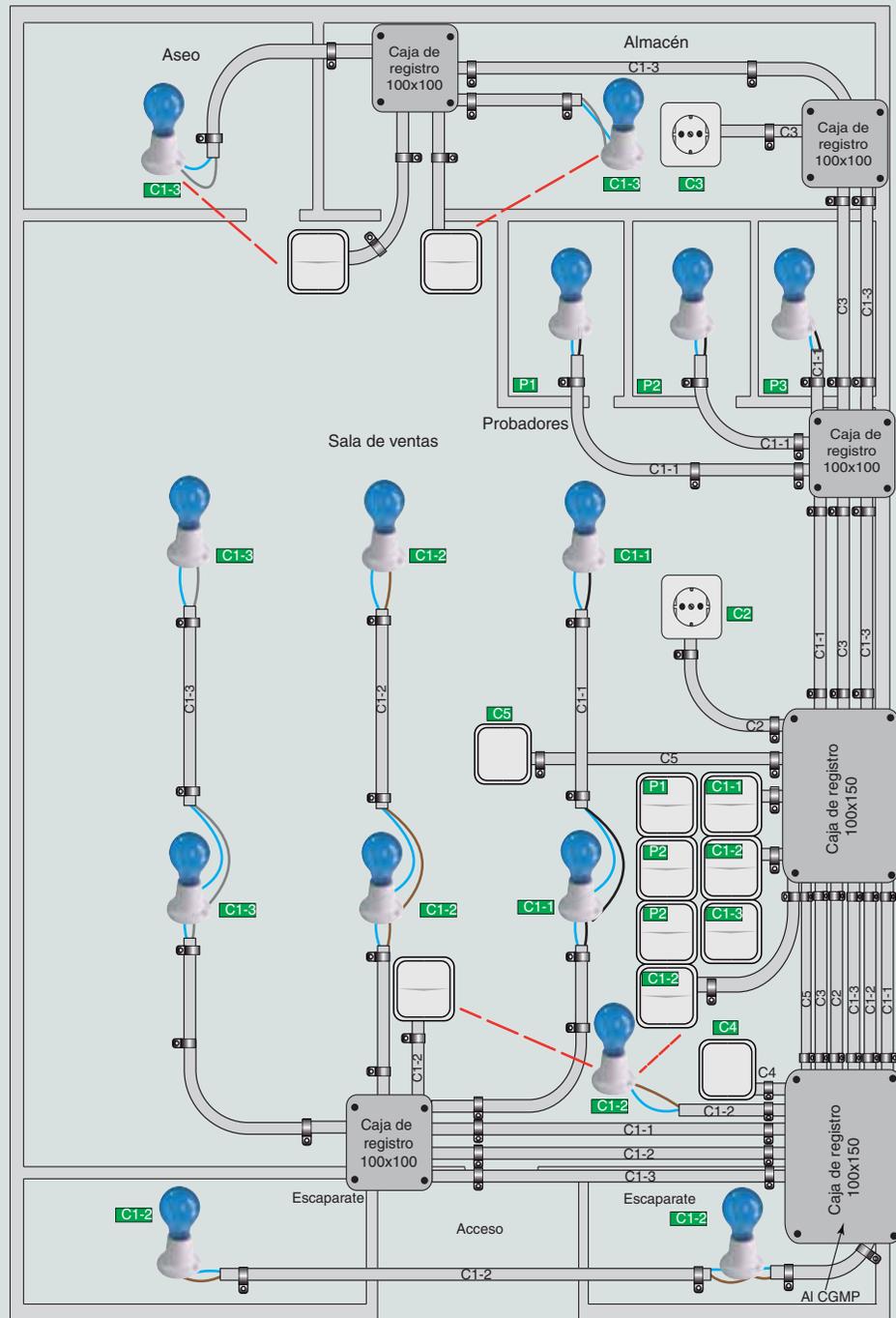
1. Dibuja el esquema de distribución en planta ubicando todos los mecanismos de la instalación eléctrica. Las lámparas del escaparate, en el montaje del punto 2, se conectarán a la alimentación del circuito C1-2 y se encenderán y apagaran de forma automática desde las 19,30 horas hasta las 22:00 horas. En cuanto a los circuitos de tomas de corriente, ubica una toma de C2 en la sala de ventas, una toma de C3 en el almacén y otra en el aseo. Para el circuito de climatización y de alarma, coloca una toma ciega y emborna los conductores en regletas.



↑ Figura 7.48. Esquema de distribución en planta del local.



2. Sobre el panel de pruebas dibuja el esquema de distribución en planta y, sobre él, realiza el montaje de la instalación eléctrica simplificando el número de tomas y de puntos de luz tal como muestra la figura.



↑ Figura 7.49.

3. Conecta los dispositivos de protección del cuadro General de Mando y Protección a su correspondiente circuito y comprueba su funcionamiento.



MUNDO TÉCNICO

Clases de protección en aparatos eléctricos

Otra vertiente de la protección eléctrica son los sistemas de protección que se encuentran integrados en los propios aparatos eléctricos de baja tensión. Estos sistemas van siempre orientados a la protección contra los contactos indirectos, buscando proteger a las personas que los utilizan.

Estos sistemas se clasifican normalmente en cuatro grandes grupos:

Aparatos de clase 0

Su protección se limita a un aislamiento funcional, sin que exista mecanismo alguno de unión de las masas a tierra.

Aparatos de clase I

Incorporan la unión a la tierra general del local de sus masas.

Evidentemente, su respuesta frente a la aparición de tensiones de defecto es mucho más segura que los aparatos de la clase anterior.

Aparatos de clase II

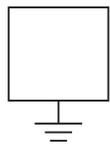
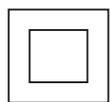
En esta clase de aparatos el aislamiento de las masas no se confía únicamente al aislamiento funcional, sino que, además, se dispone de un segundo aislamiento reforzado que proporciona una adecuada separación física entre las masas y las partes activas del aparato.

En esta clase de aparatos no es necesario disponer de ningún mecanismo de puesta a tierra puesto que se sobrentiende como suficiente protección frente a los contactos eléctricos el segundo aislamiento.

Aparatos de clase III

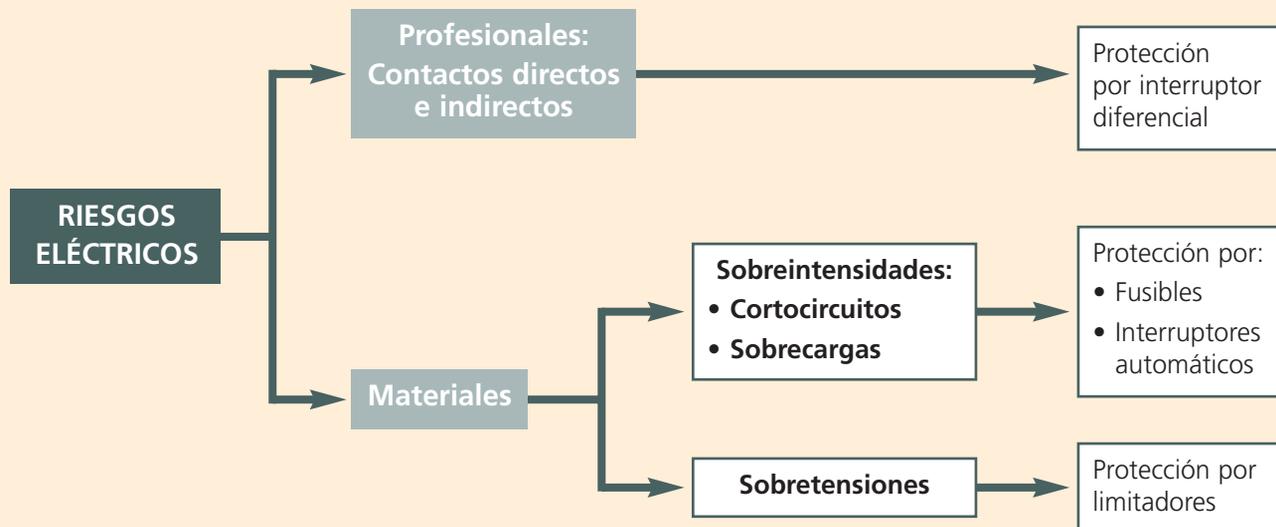
En esta clase de aparatos se confía la protección contra contactos eléctricos a la alimentación a tensiones de seguridad.

Todos estos aparatos deben incorporar en un lugar visible una simbología normalizada. Estos símbolos varían dependiendo de la protección utilizada. Los símbolos normalizados son los siguientes:

Clase del aparato	Símbolo
Clase 0	No existe símbolo
Clase I	
Clase II	
Clase III	



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Una sobrecarga se define como:
 - Cuando la tensión en un receptor es mayor que la admitida por su diseño.
 - Cuando la intensidad en una línea alcanza valores extremadamente elevados.
 - Cuando a una línea se conectan más cargas que las admitidas por su diseño.
- La principal ventaja de los fusibles frente a los interruptores automáticos es:
 - Su fácil instalación.
 - Su mejor curva de disparo.
 - Su poder de corte.
- Se denomina sensibilidad de un diferencial:
 - El valor máximo que es capaz de aguantar un diferencial.
 - A la máxima corriente de fuga derivada a tierra permitida por el diferencial.
 - A la mínima corriente de fuga derivada a tierra permitida por el diferencial.
- La rotura del neutro en un sistema trifásico puede ser protegida con limitadores de tipo transitorio.
 - Sí.
 - No.
- El diseño de una instalación, en la cual se garantiza que solamente se disparan los dispositivos de protección afectados, se denomina: _____
- Los limitadores o descargadores de tipo 3 son aquellos que:
 - Tienen una capacidad de absorción de energía muy alta y rapidez de respuesta elevada.
 - Tienen una capacidad de absorción de energía baja y rapidez de respuesta muy alta.
 - Tienen una capacidad de absorción de energía muy baja y rapidez de respuesta baja.
- La máxima tensión de contacto que puede tener una masa metálica en una lavandería debe ser de:
 - 24 V
 - 50 V
- Se denomina conductor de puesta a tierra a aquel que: _____
- ¿Es eficaz la puesta a tierra de las masas sin instalar diferencial?
 - Sí.
 - No.

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

Montaje de una instalación de enlace y cuadro de servicios generales en un edificio de viviendas

Instalación eléctrica de un garaje de un edificio de viviendas

MUNDO TÉCNICO

Instalación de puesta a tierra en edificios

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 una caja general de protección y una línea general de alimentación de un edificio.
- Realizarás el montaje de un cuadro de servicios generales.
- Montarás la instalación eléctrica de un garaje perteneciente a un edificio de viviendas.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Una constructora de viviendas encarga a un instalador autorizado la realización de la instalación completa (instalación de enlace e instalaciones interiores) de un edificio de viviendas de 3 plantas. Dicho edificio se compone de 2 viviendas por planta, cada una de 80 m², su correspondiente garaje y los servicios generales de la comunidad de vecinos. El edificio no cuenta con locales comerciales (al estar ocupada la planta baja por el portal y el cuarto de contadores). Tras revisar el proyecto de edificación del arquitecto se elabora la siguiente tabla de longitudes, superficies y potencias para calcular las secciones y protecciones de los diferentes circuitos, para así realizar el pedido de material correspondiente.

Dado que los proyectos no concretan todos los puntos de la instalación eléctrica, sino que dejan cierta libertad al instalador, éste debe decidir:

- El tipo de conductores que va a instalar en cada uno de los circuitos.
- El número de circuitos y la agrupación de los mismos, en las instalaciones del garaje y servicios generales, en función de los receptores con los que cuentan.
- El tipo de regulación y control del alumbrado del portal, escaleras y garaje.
- Las características de las envolventes (CGP, cuadros generales de mando y protección, cajas de contadores).

Viviendas	6 viviendas de grado elevado de 9200 W (C1, C2, C3, C4, C5, C9).
Ascensor	400 kg de carga, 5 personas, 1 m/s, potencia 7,5 kW, tensión 230/400 V, $\cos \phi = 0,8$, longitud de la línea de 22 m.
Alumbrado	Alumbrado de incandescencia, tensión de 230 V, superficie total 87 m ² , longitud de la línea 27 m.
Toma de corriente	Potencia de 3.600 W, tensión 230 V, longitud de la línea 0,5 m.
Telecomunicaciones	Potencia 700 W, tensión 230 V.
Garaje	Ubicado en sótano, superficie de 320 m ² , tensión 230/400 V, longitud de la línea 10 m.

↑ **Tabla 8.1.** Características de los receptores del edificio planteado en el caso práctico inicial.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. Dado que las viviendas tienen una superficie de 80 m², ¿cuál crees que es el motivo por el que se consideran de grado de electrificación elevado?
2. Basándote en los datos de partida, ¿cuántas instalaciones interiores, y por tanto cuantos cuadros generales de mando y protección, existirán en el edificio?
3. Basándote en la demanda de potencia y las características de la instalación, ¿crees que la instalación precisa **proyecto**, o bien **memoria técnica de diseño**? (consulta la unidad 3).
4. Dada la implantación actual de los **contadores electrónicos**, ¿cómo afectará esto a la centralización de contadores?
5. Enumera todos los cambios que se producirían en la instalación si todas las viviendas llevarán incluida la **tarifa nocturna (discriminación horaria menor de 15 KW)**.
6. Si uno de los usuarios de la vivienda requiriese una potencia de 11.500 W (50 A) ¿qué pasos debería seguir el instalador?



1. Partes que componen la electrificación de un edificio

Al conjunto de componentes eléctricos que unen la línea de distribución de baja tensión con las instalaciones receptoras (viviendas, locales comerciales, oficinas, servicios generales y garaje) se le denomina instalación de enlace. Las prescripciones reglamentarias de todos estos elementos vienen recogidas en el REBT ITC-BT-10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Acometida: parte de la línea de distribución que enlaza con la caja general de protección. A partir de este punto todos los elementos dejan de ser propiedad de la empresa suministradora, pasando a pertenecer al abonado. Su objeto es alimentar una instalación interior receptora.

Instalación de enlace: 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), y dispositivos generales e individuales de mando y protección.

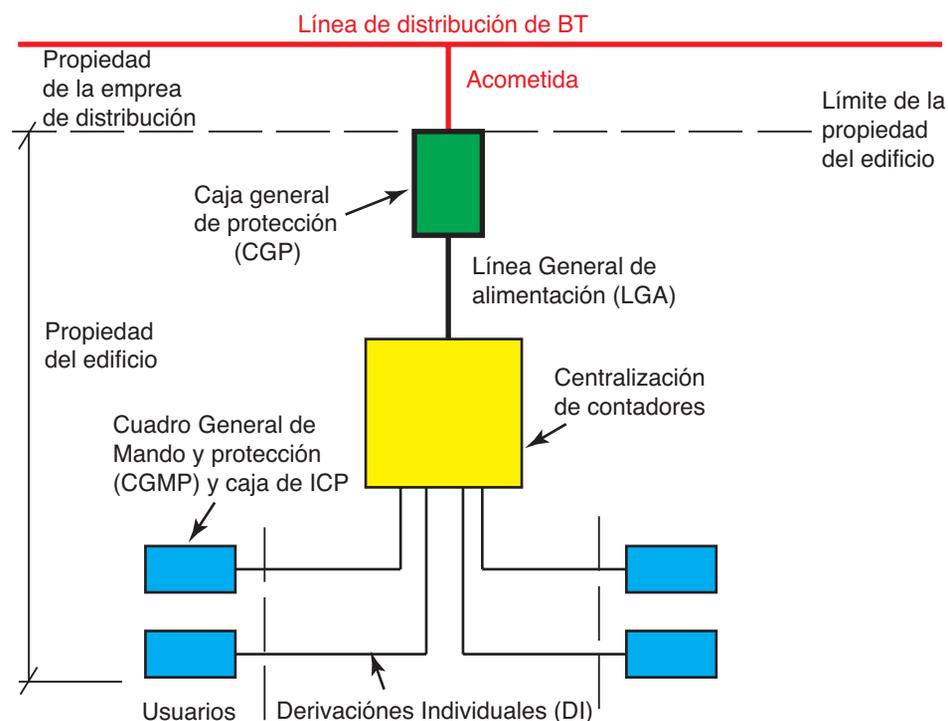
saber más

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).



↑ **Figura 8.1.** Esquema de una instalación de enlace de un edificio.

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:

- Grado de electrificación (básico o elevado) de todas 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.

Siendo la potencia total del edificio la siguiente:

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

2.2. Previsión de carga de las viviendas

La previsión de carga en un edificio de viviendas es fijada por la promotora según las prescripciones reglamentarias, teniendo en cuenta que el grado de electrificación (**grado básico o elevado**) se establece teniendo en cuenta 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 previsto unos receptores específicos, se tendrá en cuenta para la previsión las superficies de las viviendas (según establece la ITC BT 10):

- Grado de electrificación básica: superficie menor o igual de 160 m².
- Grado de electrificación elevada: superficie mayor de 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 es razonable pensar que, por ejemplo, para un edificio con varias viviendas, no todas ellas 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 8.2 (tabla 1 ITC-BT-10).

Como podemos apreciar en la tabla 8.2, a partir de 4 viviendas se comienza a aplicar un coeficiente de simultaneidad.

Nº Viviendas (n)	Coficiente 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) · 0,5

↑ **Tabla 8.2.** Coeficiente de simultaneidad según el número de viviendas (Tabla 1 ITC-BT-10).



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.

El cálculo de la potencia total de las viviendas se realiza según la siguiente ecuación:

Donde:

$$P_V = K \cdot \left(\frac{N^{\circ} \text{ viv GB} + N^{\circ} \text{ viv GE}}{N^{\circ} \text{ viv}} \right)$$

P_V : Potencia total de las viviendas.

K : Coeficiente de simultaneidad.

$N^{\circ} \text{ viv GB}$: 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

EJEMPLOS

■ **Calcula la previsión de cargas de las viviendas de un edificio de 9 viviendas. De ellas, 3 son de grado básico a 5.750 W y 6 son de grado elevado a 9.200 W.**

Solución:

Según la tabla 1 de la ITC-BT 10 para 9 viviendas el coeficiente de simultaneidad es de 7,8, con lo cual la previsión de potencia para el conjunto de viviendas del edificio será de:

$$P_V = 7,8 \cdot \left(\frac{3 \cdot 5.750 + 6 \cdot 9.200}{9} \right) = 62,79 \text{ kW}$$

■ **Calcula la previsión de carga de un edificio de 24 viviendas, de las cuales 8 son de grado básico a 5.750 W y 16 son de grado elevado a 9.200 W.**

Solución:

En este caso, al tener más de 21 viviendas hay que establecer el coeficiente de simultaneidad según la ecuación establecida en la tabla. Su valor queda del siguiente modo:

$$15,3 + 0,5 \cdot (n - 21) = 15,3 + 0,5 \cdot (24 - 21) = 16,8$$

Aplicando la ecuación obtenemos:

$$P_V = 16,8 \cdot \left(\frac{8 \cdot 5.750 + 16 \cdot 9.200}{24} \right) = 135,24 \text{ kW}$$

2.3. Previsión de carga de los servicios generales

Los servicios generales en un edificio son todos aquellos receptores de uso común, tales como el alumbrado de escalera, el ascensor, las infraestructuras comunes de telecomunicaciones, bombas de presión de agua si son necesarias, etc. En este caso, para el cálculo de la carga que suponen los servicios generales, no existe coeficiente de simultaneidad ($K = 1$) debido a que es previsible que todos los receptores funcionen a la vez.

Para su cálculo, únicamente hay que sumar las potencias de todos estos receptores; sin embargo, en primera instancia hay cargas que se desconocen, motivo por



el cual hay que realizar una previsión de potencia. A continuación se muestra una tabla *orientativa* de las potencias que se prevén 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
1.000	13	1,6	29,5
1.000	13	2,5	46

↑ **Tabla 8.3.** Previsión de potencia para ascensores.

SERVICIOS GENERALES		
Alumbrado de zonas comunes: portal, escalera y trasteros	Incandescencia	20 W/m ²
	Fluorescencia	10 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 8.4.** Previsión de potencias para servicios generales.

2.4. Previsión de carga para locales comerciales y oficinas

Un edificio de viviendas puede contener locales comerciales u oficinas que, en un principio, la promotora o constructora no tuvo en consideración. En tal caso la previsión de carga se realiza en función de los m² que se destinen para estos locales, siendo la potencia de 100 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo de 3.450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad de 1.

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 para garajes

Igualmente un edificio de viviendas puede disponer o no de garaje, además éstos pueden estar bajo sótano, en planta baja o semisótano, de forma que hay una diferencia entre ellos: los que están bajo sótano no poseen ventilación natural con lo cual necesitan de un sistema de extracción de humos.

La carga de los garajes puede estar formada por receptores tales como extractores (en el caso de que no tengan ventilación natural), iluminación, bombas de achique, sistema contra incendios, puerta automática, etc., ahora bien, el cálculo de la previsión de carga se realiza considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado y planta para garajes con ventilación natural. En caso de necesitar ventilación forzada (sistema de extracción de humos), la potencia a estimar es de 20 W por metro cuadrado, en ambos casos con un mínimo de 3.450 W a 230 V.

Por ejemplo, para un garaje ubicado en sótano cuya superficie es de 870 m², la potencia a estimar será de:

$$P_G = 870 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ W/m}^2 \text{ (al necesitar ventilación forzada)} = 17,4 \text{ kW}$$

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.

saber más

El REBT de 1973 contemplaba la instalación de servicios generales y garaje como una única instalación interior cuyo abonado era la comunidad de vecinos. Hoy en día se han separado ambas instalaciones, ya que los propietarios de las plazas de garaje no viven necesariamente en el edificio.



3. Instalación de enlace

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.

Se define como **instalación de enlace** a todo el conjunto de elementos que unen la red distribución pública con los puntos de utilización del edificio. Ésta 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), siendo los elementos que la componen los indicados en la figura 8.1 y que 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

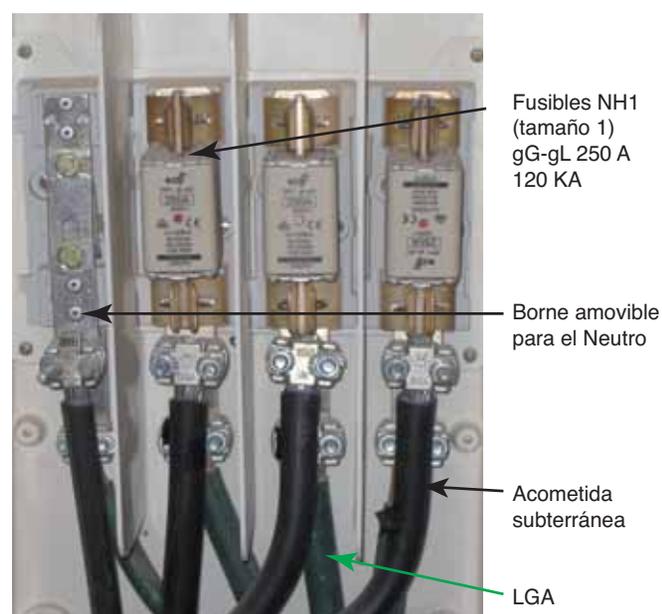
Las CGP a instalar corresponden a los tipos especificados por la empresa suministradora, y dentro de ellas se colocan los fusibles de todas las fases, y una conexión amovible para el neutro ubicada a la izquierda de dichas fases. Los fusibles deben tener un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito prevista para el punto de la red de distribución donde se instala dicha caja.

Éstas 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.



↑ **Figura 8.3.** CGP alojada en nicho para una acometida subterránea con puerta revestida exteriormente con las características de la fachada.



↑ **Figura 8.4.** Detalle de conexión de acometida y LGA en una CGP con fusibles NH.



Un ejemplo de tipos de CGP seleccionadas por Endesa son los reflejados en la tabla 8.5 cuyos esquemas podemos ver en la figura 8.5.

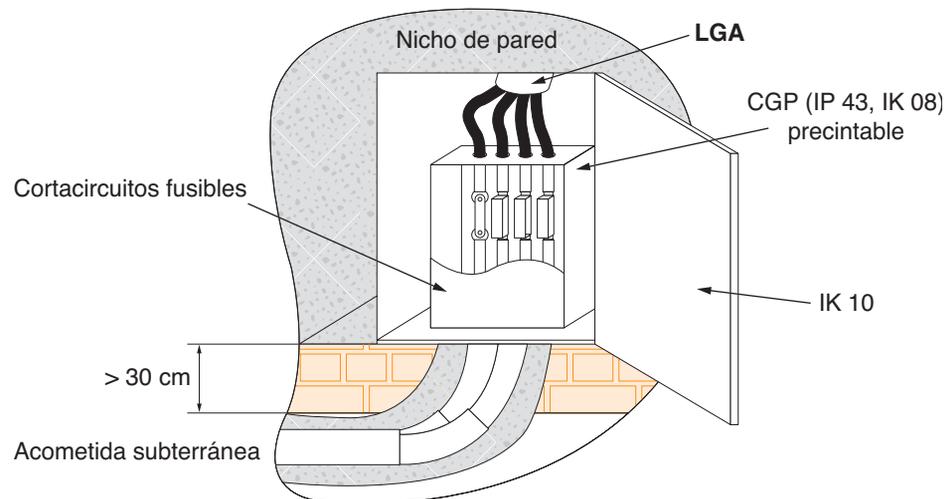
ACOMETIDAS AÉREAS			ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS		
Tipo	Tamaño del fusible	Imáx (A)	Tipo	Tamaño del fusible	Imáx. (A)
CGP 7-63	22x58	63	CGP 7-100	00	100
CGP 7-100	00	100	CGP 7-160	0	160
CGP 7-160	0	160	CGP 9-160	0	160
CGP 7-250	1	250	CGP 7-250	1	250
			CGP 9-250	1	250
			CGP 7-400	2	400
			CGP 9-400	2	400

↑ **Tabla 8.5.** Ejemplo de CGP utilizados por Endesa.

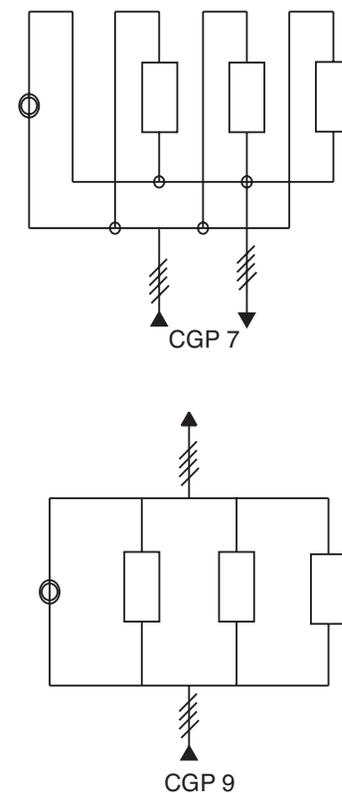
Prescripciones reglamentarias

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, siendo su ubicación 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 8.6.** CGP de una acometida subterránea.



↑ **Figura 8.5.** Ejemplo de esquema de representación de cajas generales de protección.



↑ **Figura 8.7.** Caja General de Protección de una acometida aérea.



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:

- Por conductores aislados en el interior de tubos empotrados, enterrados o en montaje superficial.
- Por conductores aislados en el interior de canales protectores con tapa desmontable sólo con herramientas.
- Por conductores aislados en canalizaciones prefabricadas.
- Por conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica proyectados y construidos para la canalización de dicha línea.

TABLA 1 ITC-BT- 14

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 8.6.** Sección del neutro y diámetro de los tubos en función de la sección de los conductores de fase de una LGA.

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 tipo RZ1-K (AS) o DZ1-K (AS), o bien de aluminio 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:

saber más

Se consideran edificios de gran volumen a aquellos que cumplan algunas de estas características:

- Tener más de 48 viviendas.
- Tener más de 12 plantas.
- Tener más de 14 viviendas por planta.

- Para contadores totalmente centralizados: **0,5%**.
- Para contadores parcialmente centralizados: **1%**.

**EJEMPLO**

Se desea calcular la sección de los conductores de una línea general de alimentación de un edificio. La línea se canaliza bajo tubo enterrado, siendo su longitud de 18 m, así como los fusibles alojados en la caja general de protección.

El edificio se encuentra en una zona donde la línea de distribución es subterránea perteneciente a la compañía Endesa.

Éste 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 380 m² y un garaje con ventilación forzada de 520 m². La alimentación se realiza a 230/400 V y se establece un cos ϕ de 0,9.

Solución:

1. Realizamos la previsión de carga de todo el edificio.

$$P_V = 9,9 \cdot \left(\frac{12 \cdot 9.200}{12} \right) = 91 \text{ kW} \quad P_{SG} = 10 \text{ kW}$$

$$P_{LC} = 380 \cdot 100 = 38 \text{ kW} \quad P_G = 520 \cdot 20 = 10,4 \text{ kW}$$

Siendo el total: $P_T = P_V + P_{SG} + P_{LC} + P_G = 91 + 10 + 38 + 10,4 = 149,4 \text{ kW}$

2. Calculamos la sección por c.d.t. y por $I_{m\acute{a}x}$, teniendo en cuenta que utilizaremos cables de cobre unipolares tipo RZ1-K (AS) enterrados bajo tubo (aplicando un factor de reducción de 0,8 a la $I_{m\acute{a}x}$), así mismo, se tendrá en cuenta para el cálculo la máxima temperatura de trabajo para conductores XLPE, siendo ésta para 90 °C de $k_{90\text{ }^\circ\text{C}} = 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$.

La caída de tensión (e) será al estar los contadores totalmente centralizados, del 0,5 % de 400 V, es decir 2 V, con lo cual la sección será de:

$$S = \frac{149.400 \cdot 18}{44 \cdot 2 \cdot 400} = 76,39 \rightarrow 95 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{149.400}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 239,6 \text{ A}$$

Comprobando en conductores de cobre enterrados bajo tubo (tabla 5 ITC-BT 07), la sección de 95 mm² tiene una $I_{m\acute{a}x}$ de $335 \cdot 0,8 = 268 \text{ A}$.

Entre 239,6 A y 268 A encontramos un fusible de **250 A**, con lo cual se utilizarán 4 conductores unipolares (con reducción de la sección del neutro a 50 mm²) tipo **RZ1-K 0,6/1 kV 1x95/50 (AS)**, siendo el diámetro del tubo según la tabla 1 de la ITC-BT 14 de **140 mm**.

En cuanto a la CGP, se utilizará la normalizada por la compañía Endesa en acometida subterránea, es decir, una **CGP 7-250**. Los fusibles a instalar en dicha caja serán de tipo NH1 gL/gG de 250 A, tamaño 1 y con 120 kA de poder de corte.

caso práctico inicial

Al ser una acometida subterránea, la CGP se alojará en un nicho realizado en la fachada del edificio a 30 cm como mínimo del suelo. De ella partirán los 4 conductores unipolares tipo RZ1-K (AS) de la línea general de alimentación bajo tubo en montaje empotrado hasta la centralización de contadores.

recuerda

Los conductores unipolares tipo RZ1-K (AS) y DZ1-K (AS) son conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (R) para el primero y con aislamiento de etileno propileno (D) para el segundo, con cubiertas a base de poliolefina «libre de halógenos» (Z1) y flexible de clase 5. Por tanto, para el cálculo en las diferentes tablas del reglamento deben ser considerados de tipo XLPE y EPR respectivamente.

ACTIVIDADES

1. Realiza el cálculo de la LGA, el diámetro del tubo y fusibles de la CGP de un edificio con contadores centralizados en un local, teniendo en cuenta que éste posee 4 viviendas de grado básico de 5.750 W, 6 viviendas de grado elevado de 9.200 W, una previsión de potencia para los servicios generales de 15 kW y un garaje de 450 m² con ventilación natural. La longitud de la LGA es de 10 m y se canaliza bajo tubo empotrado.

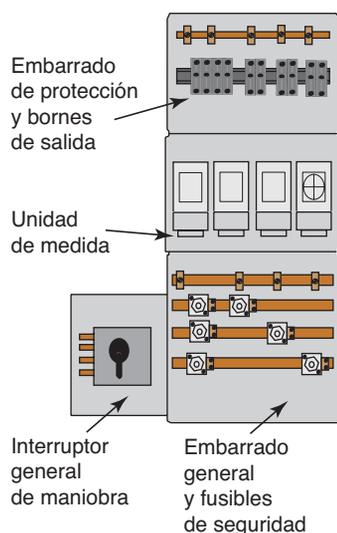


3.3. Centralización de contadores

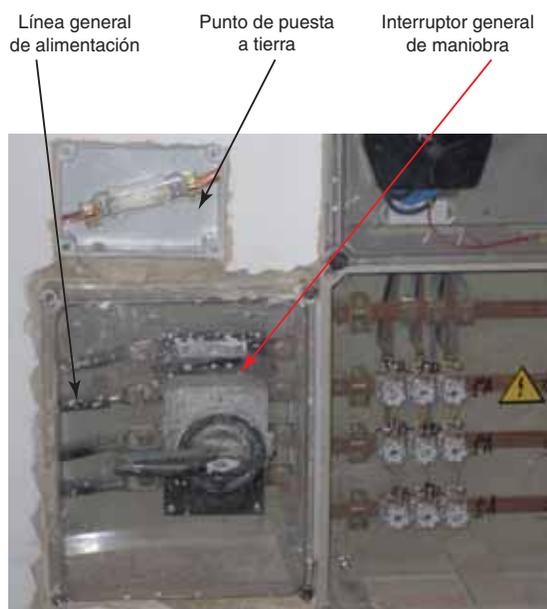
En los edificios con varios abonados, tales como edificios de viviendas, edificios comerciales, y edificios destinados a una concentración de industrias, es necesario realizar una centralización de contadores. Las centralizaciones se realizan bien en un local cuando el número de abonados sea superior a 16 o bien en un armario. 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

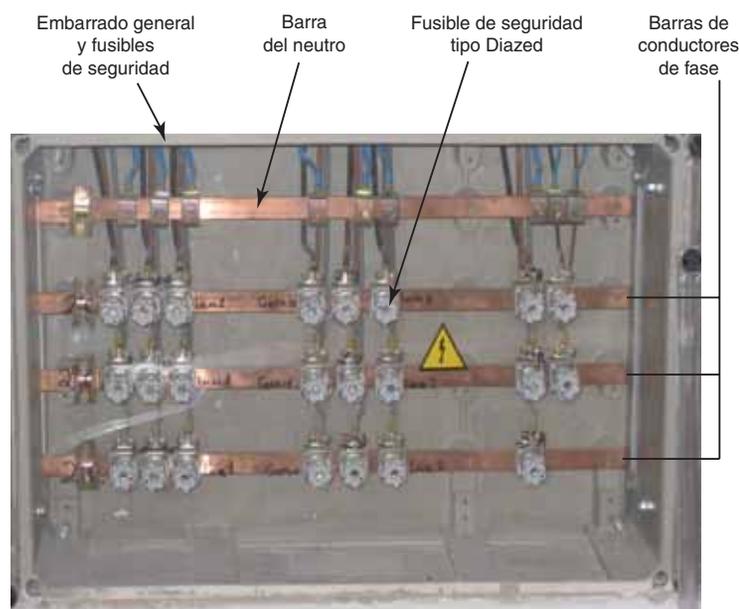
- **Unidad funcional de interruptor general de maniobra.** Su misión es el corte del suministro de toda la centralización de contadores en caso de necesidad (averías, mantenimiento, incendio, etc.). Este dispositivo es un interruptor manual de corte omnipolar instalado en una envoltura, con apertura 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 8.8.** Unidades funcionales principales de una centralización de contadores.



↑ **Figura 8.9.** Interruptor general de maniobra.



↑ **Figura 8.10.** Embarrado general y fusibles de seguridad.

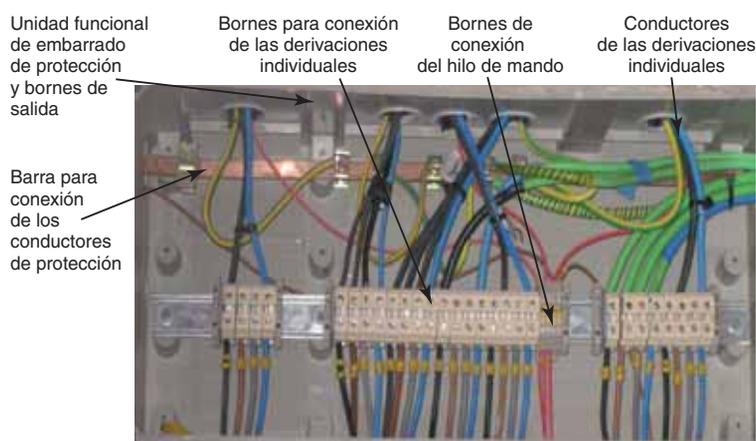
- **Unidad funcional de medida.** Contiene todos los contadores, interruptores horarios, y otros dispositivos requeridos para la medida de energía.
- **Unidad funcional de mando (opcional).** En caso de instalarse esta unidad funcional contendrá todos los elementos de mando para el cambio de tarifa.
- **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.



- **Unidad funcional de telecomunicaciones (opcional).** Se instalará cuando haya previsión de instalación de equipos de comunicación y adquisición de datos.



↑ Figura 8.11. Unidad funcional de medida.



↑ Figura 8.12. Unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida.

Conexión de una centralización de contadores

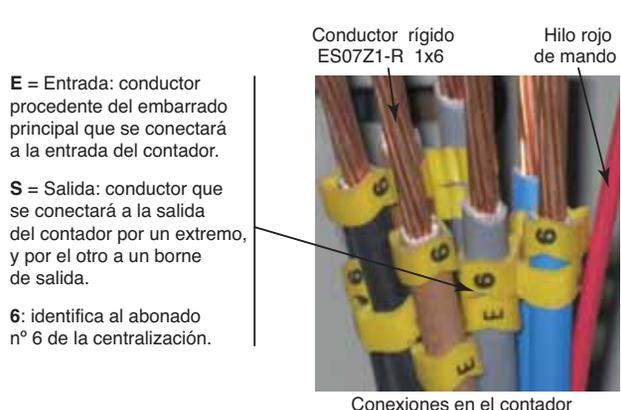
Inicialmente la centralización de contadores lleva internamente los conductores de cada uno de los abonados identificados mediante anillas, de forma que a cada unidad de contador le llegarán, independientemente de si es monofásico o trifásico, 9 conductores: 6 de fase, 2 para el neutro y el conductor rojo de mando.

El hilo rojo de mando quedará libre y si algún abonado desea contratar la doble tarifa, este conductor se conectará al reloj correspondiente de la centralización de forma que al cerrar el reloj su contacto, se activará la lectura de reducción horaria.

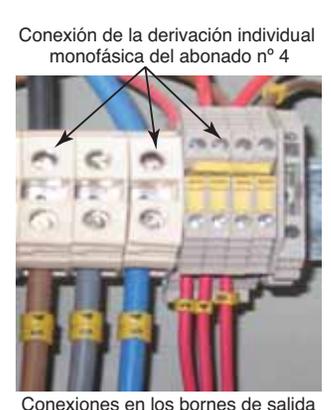
Igualmente, será necesario llevar el hilo rojo junto a la derivación individual hasta la caja del ICP, allí activará un contactor que puentea el ICP para que durante las horas de reducción horaria el usuario pueda hacer uso de toda la potencia instalada.



↑ Figura 8.13. Conductores para la conexión de un contador.



↑ Figura 8.14. Detalle de identificación de conductores y conexiones.



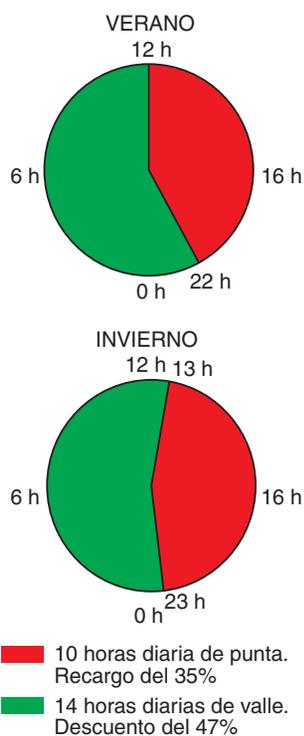
Conexiones en los bornes de salida

Como se puede apreciar en las figuras 8.13 y 8.14 todos los conductores deben estar identificados, de forma que el instalador únicamente conectará los cables al embarrado principal y los bornes de salida identificando a cada abonado en ambos extremos. Posteriormente cuando uno de los abonados solicite suministro, la compañía conectará únicamente los cables correspondientes ofrecidos en el módulo del contador según muestra la figura 8.13.



saber más

En las viviendas el tipo de tarifa con discriminación horaria ha pasado de la denominación de **tarifa nocturna** a denominarse **discriminación horaria menor de 15 kW**, cambiando los horarios punta y valle, así como el recargo y descuento.



↑ **Figura 8.16.** Discriminación horaria para potencias menores de 15 kW.

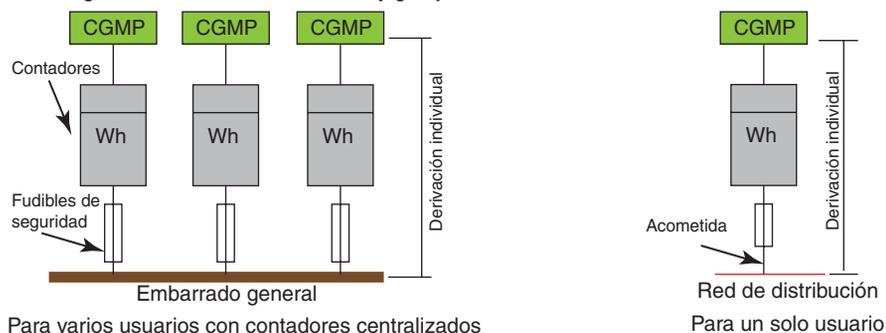
Bajo tubo en montaje superficial o empotrado
Unipolares o mangueras
ES07Z1-K (AS) RZ1-K (AS) 0,6/1kV DZ1-K (AS) 0,6/1 kV
Bajo tubo enterrado
Mangueras
RZ1-K (AS) 0,6/1kV DZ1-K (AS) 0,6/1kV
Bajo canal de obra
Unipolares o mangueras
ES07Z1-K (AS) RZ1-K (AS) 0,6/1kV DZ1-K (AS) 0,6/1kV

↑ **Tabla 8.7.**

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 8.15.** 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 construidos 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 8.7 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:

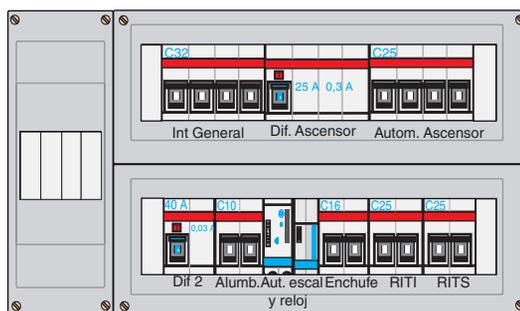
- Para contadores totalmente centralizados: **1%**.
- Para contadores parcialmente concentrados: **0,5%**.
- Para un único usuario: **1,5%**.



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 8.17.** Cuadro de servicios generales.

Alumbrado común

Se realiza mediante un automático de escalera. El circuito a utilizar (de 3 o 4 hilos) visto en la unidad 2 depende del tipo de instalación, si el edificio, por ejemplo, contiene un patio común ubicado en la primera planta, éste debe poseer un alumbrado accionado mediante interruptor, con lo cual el circuito más idóneo es el de 4 hilos. De esta forma, en la canalización del alumbrado de escalera tenemos presente tanto la fase como el neutro para alimentar de forma **no temporizada** cualquier receptor de alumbrado.

El ascensor

Los ascensores poseen su propio cuarto de máquinas o armario dependiendo de las características de éste, ubicado en la última planta o azotea del edificio. Para éste 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, calidades, etc., tales como calefacción centralizada, aire acondicionado centralizado, piscinas, etc. De este modo, los conductores, protecciones y 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.

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 conductores de 6 mm²)



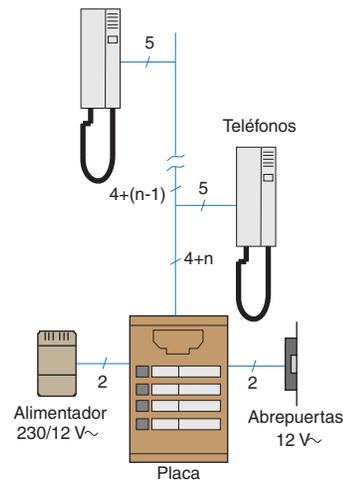
↑ **Figura 8.18.** Detalle de alimentación de servicios de telecomunicaciones.



saber más

El portero convencional

Los equipos que lo componen son una placa exterior de llamada, una fuente de alimentación, un abrepuertas y los teléfonos. La instalación se realiza canalizando una o varias mangueras (según necesidades), de tal forma que el número de conductores será de 4 hilos comunes a todos los teléfonos, más un número «n» de hilos adicional por cada vivienda, es decir, para un edificio con 4 viviendas el número total de hilos será de $4 + 4 = 8$ hilos.



↑ **Figura 8.19.** Esquema unifilar de un portero convencional a $4+n$ hilos.



↑ **Figura 8.20.** Cuadro de mando y protección de una bomba de elevación de aguas.

EJEMPLO

Calcula la derivación individual de un cuadro de servicios generales a 230/400 V, $\cos \varphi = 0,9$ y diseña el esquema unifilar del mismo, teniendo en cuenta que éste se encuentra en el armario de la centralización de contadores a un metro de ésta, siendo sus receptores los siguientes:

Ascensor	Iluminación	Toma de corriente armario de contadores	Telecomunicaciones	Grupo de elevación
$P = 7,5 \text{ kW}$ $V = 230/400 \text{ V}$ $\cos \varphi = 0,85$ $L = 20 \text{ m}$	$P = 1,2 \text{ kW}$ $V = 230 \text{ V}$ $\cos \varphi = 1$ $L = 25 \text{ m}$	$P = 3,67 \text{ kW}$ $V = 230 \text{ V}$ $\cos \varphi = 1$ $L = 1 \text{ m}$	$P = 0,8 \text{ kW}$ $V = 230 \text{ V}$ $\cos \varphi = 1$ $L = 22 \text{ m}$	$P = 1,2 \text{ kW}$ $V = 230/400 \text{ V}$ $\cos \varphi = 0,87$ $L = 10 \text{ m}$

Nota: Instalar un PIA por cada recinto de telecomunicaciones (RIT).

Solución:

Derivación individual del cuadro.

$$P_T = (7,5 \cdot 1,3) + 1,2 + 3,67 + 0,8 + 1,2 = 16,62 \text{ kW}$$

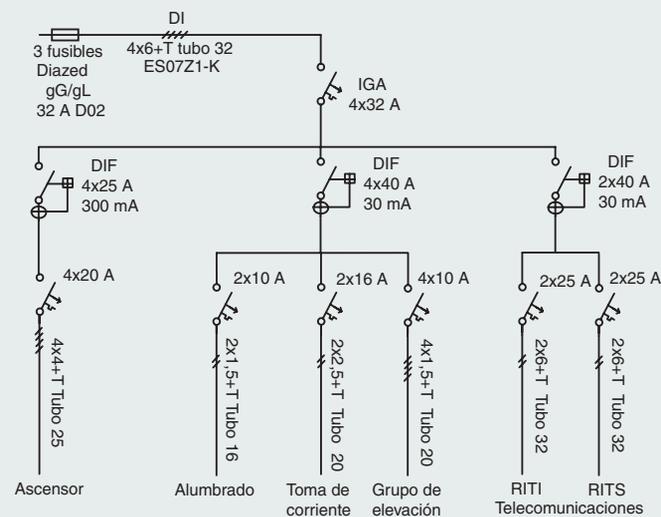
Se calcula la sección para la máxima T^a de trabajo utilizando conductores tipo ES07Z1-K (AS), siendo para conductores de poliolefina (equivalentes a PVC) una conductividad de $K_{70^\circ\text{C}} = 48 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$. Por tanto:

$$S = \frac{16.620 \cdot 1}{48 \cdot 4 \cdot 400} = 0,21 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{16.620}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 26,65 \text{ A}$$

La mínima sección de los conductores en derivaciones individuales debe ser de 6 mm^2 , de forma que para 5 conductores unipolares ES07Z1-K (AS) bajo tubo empotrado, la $I_{\text{máx}}$ es de 32 A. El tubo debe ser de 32 mm según prescripciones de las derivaciones individuales y se instalarán 3 fusibles Diazed de 32 A tamaño D02 en el embarrado de la centralización.

Circuitos del cuadro de servicios generales.

Para cada circuito que parte del cuadro de servicios generales se seguirá el mismo procedimiento, teniendo en cuenta las prescripciones reglamentarias para el cálculo de secciones y tubos como cualquier instalación interior receptora, siendo el esquema unifilar del cuadro el de la figura 8.21.



↑ **Figura 8.21.** Esquema unifilar del cuadro de servicios generales.



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, 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 deben 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 éste 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 compuestos por lámparas fluorescentes.
- 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 éste se encuentra en sótano.



↑ **Figura 8.22.** Cuadro de control de puerta de garaje.



↑ **Figura 8.23.** Armario de protecciones y control y central contraincendios de un garaje.

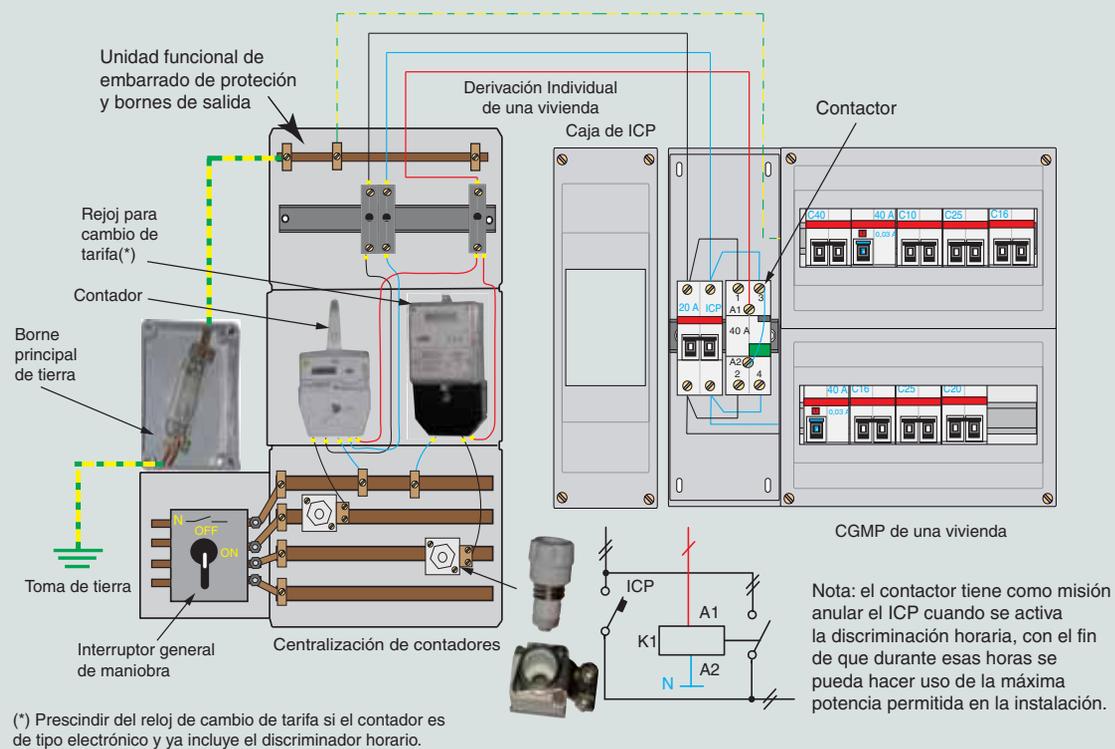
saber más

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.



ACTIVIDADES FINALES

- 1. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional 1 de esta unidad.
- 2. Realiza la instalación del equipo de medida de una vivienda con **discriminación horaria** que se muestra en la Práctica Profesional 1. Para ello instala sobre el panel de pruebas un reloj y un contador monofásico de doble tarifa, y realiza las conexiones necesarias. Por otro lado, instala un contactor monofásico que puentee al ICP para que éste no actúe durante las horas establecidas en el reloj de control. El contactor se activará con el hilo rojo de mando.



↑ **Figura 8.24.** Conexiones de una instalación con discriminación horaria en una vivienda.

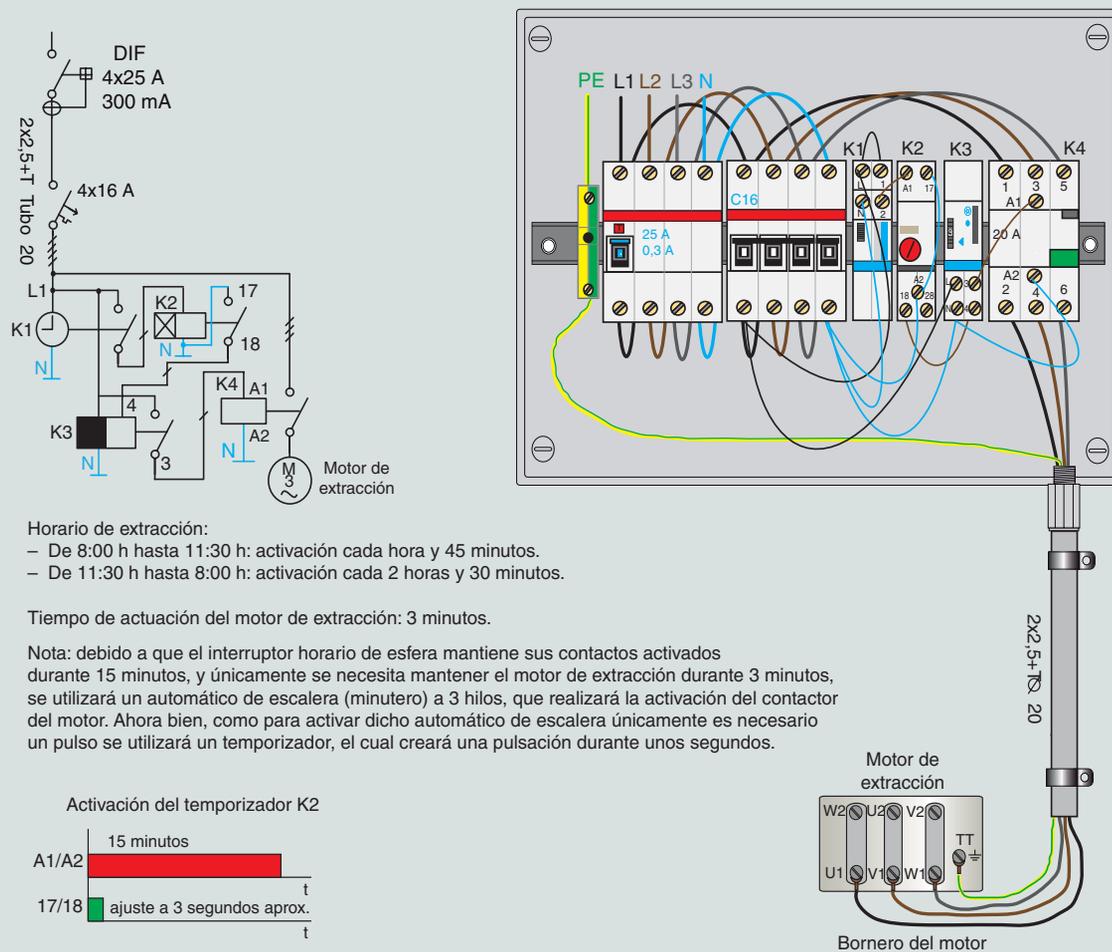
- 3. Realiza los cálculos de una derivación individual, así como las secciones, protecciones tubos, etc. del cuadro de servicios generales de un edificio de viviendas y dibuja el esquema unifilar del mismo. Los datos son los siguientes:

Ascensor	Alumbrado	Bases de enchufe	Piscina	Grupo de presión	Telecomunicaciones
5 personas, velocidad de 1 m/s y 400 kg de carga.	Iluminación con lámparas fluorescentes ⁽¹⁾ , siendo la superficie total de espacios comunes de 120 m ² .	Se colocarán dos bases de enchufe, una en el cuarto de contadores y otra en el vestíbulo del edificio, siendo la potencia total de 3,5 kW.	El edificio consta de una piscina de 270 m ³ .	Bomba de elevación de aguas de 1,5 kW.	Previsión de potencia de 1.000 W.

⁽¹⁾Al ser alumbrado fluorescente se multiplicará la potencia por 1,8.



- 4. Realiza la Práctica Profesional 2 de esta unidad aprovechando la instalación de enlace de la Práctica Profesional 1.
- 5. Sobre la práctica profesional 2 que has montado realiza una modificación del sistema de extracción de humos. En este caso no se activará con los pulsadores, sino que dependerá de un interruptor horario, es decir, los motores se activarán cada 1 hora y 45 minutos durante el día, y cada 2 horas y 30 minutos durante la noche, activándose el motor en ambos periodos durante un tiempo de 3 minutos. Dibuja el esquema multifilar y realiza el nuevo montaje según se representa en la figura 8.25.



↑ **Figura 8.25.** Esquema unifilar y de montaje del sistema de extracción de humos mediante interruptor horario.

Nota: El temporizador a utilizar puede ser un temporizador empleado en el arranque estrella triángulo de motores. La pulsación se consigue con el borne de conexión en estrella, el cual genera un pulso durante un tiempo regulable que activa el automático de escalera al conectar su entrada de pulsadores.

- 6. Consulta la tabla 1 de la ITC-BT-15 y obtén el ancho que debe tener el conducto de obra de fábrica que alojará los tubos de las derivaciones individuales de un edificio. Dicho conducto partirá de la centralización de contadores con forma vertical, y en él se introducirán los tubos necesarios para los cables de alimentación de las 14 viviendas, siendo la profundidad del mismo de 15 cm.



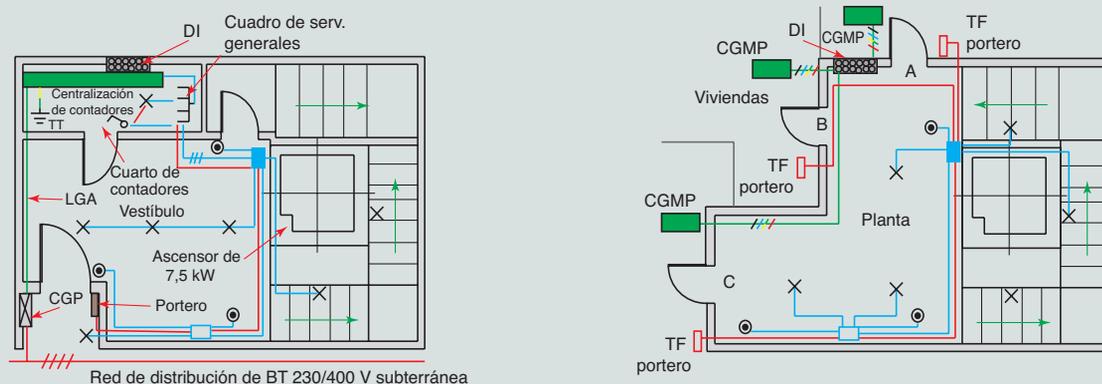
ACTIVIDADES FINALES (cont.)

- 7. Un edificio de viviendas consta de 5 plantas con 3 viviendas por planta, de las cuales las viviendas A y B son de grado elevado de 9.200 W y la vivienda C de grado básico de 5.750 W, siendo sus datos los siguientes:
- La iluminación común se realizará con lámparas fluorescentes. Las zonas comunes se componen de un vestíbulo de 30 m², un cuarto de contadores de 8 m², y una superficie total de escalera y rellanos de 98 m².
 - El ascensor es de 5 personas, velocidad de 0,63 m/s y 400 kg de carga.
 - Se prevé para los servicios de telecomunicaciones una potencia de 980 W y de 3,2 kW para una base de enchufe.
 - En la planta baja se ubican dos locales comerciales con una superficie de 250 m² y 270 m² respectivamente.
 - El garaje se ubica en el sótano, siendo su superficie de 680 m².
 - Las longitudes en metros de las derivaciones individuales de las viviendas son las siguientes:

1°A	1°B	1°C	2°A	2°B	2°C	3°A	3°B	3°C	4°A	4°B	4°C	5°A	5°B	5°C
10	12	18	14	16	22	18	20	26	22	24	30	26	28	36

Los esquemas mostrados en la figura 8.26 representan los planos del vestíbulo, escalera y rellanos en cada una de las plantas. Se pide:

- Determinar el tipo de conductor de la LGA así como la sección del mismo.
- Establecer el calibre y tipo de fusibles de la CGP.
- Calcular la potencia de los servicios generales así como su derivación individual, y dibujar el esquema unifilar de dicho cuadro sabiendo que éste se ubica en el cuarto de contadores a 1,7 m de la centralización.
- Realiza una tabla con las secciones y tipos de conductores de las derivaciones individuales de las viviendas, así como el calibre del fusible de seguridad de cada una de ellas.



↑ **Figura 8.26.** Esquema de distribución en planta de la instalación de planta baja, escalera y plantas altas de un edificio de viviendas.

entra en internet

- 8. Busca en internet diferentes catálogos de cajas generales de protección en diferentes fabricantes, tales como CRADY, CAHORS, etc.
- 9. Entra en la página web de TEGUI y FERMAX y busca catálogos de diferentes porteros automáticos convencionales a 4 + n hilos, y en función de los catálogos obtenidos selecciona un portero convencional para el edificio planteado en el ejercicio 7 dibujando el esquema de conexiones de dicha instalación.



test de Rebt

- 10. Realiza los siguientes test del REBT relativos a las instrucciones ITC-BT 10, 11, 12, 13 14, 15 y 16.
- Una vivienda que solicita por sus características 18 kW con suministro monofásico de 230 V será clasificada como electrificación:
a) Básica. b) No puede contratar esa potencia con suministro monofásico.
c) Elevada. d) Especial.
 - ¿Cuál es la previsión de cargas de un kiosco de 18 m², ubicado en un edificio de viviendas?
a) 9.200 W b) 3.450 W c) 5.750 W d) 1.800 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 11500 W, con una potencia de servicios generales de 15 kW, un local comercial de 270 m² y un garaje de 500 m²?
a) 121 kW b) 112,37 kW c) 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?
a) 9 b) 6 c) 4 d) 3
 - La sección y el color del hilo de mando que parte de la centralización de contadores serán:
a) 1,5 mm², color azul. b) 2,5 mm², color azul.
c) 1,5 mm², color rojo. d) 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:
a) 10 cm b) 20 cm c) 30 cm d) 40 cm
 - El elemento que indica el principio de la propiedad de la instalación de un usuario es:
a) La acometida. b) La LGA. c) La CGP. d) La DI.
 - A la parte comprendida entre la CGP y la centralización de contadores en un edificio, se denomina:
a) Derivación individual. b) Línea general de alimentación. c) Acometida.
 - En las líneas generales de alimentación los conductores serán:
a) Mangueras con tensión asignada de 0,6/1 kV de cobre o aluminio.
b) Multiconductores con tensión asignada de 0,6/1 kV de cobre o aluminio.
c) Unipolares con tensión asignada de 0,6/1 kV de cobre o aluminio.
 - La máxima c.d.t. permitida para líneas generales de alimentación en contadores totalmente centralizados, será de:
a) 0,5% b) 1% c) 3% para alumbrado y 5% para fuerza d) 1,5%
 - La sección mínima de los conductores empleados en la línea general de alimentación será:
a) Cobre 10 mm². b) Aluminio 35 mm². c) Cobre 16 mm². d) Aluminio 10 mm².
 - La sección mínima de los conductores empleados entre las conexiones de los diferentes equipos de una centralización de contadores será de:
a) 4 mm² b) 6 mm² c) 10 mm² d) 16 mm²



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

MATERIAL

- Una CGP para fusibles NH y los tres fusibles correspondientes.
- Cuatro cables unipolares RZ1-K 0,6/1 kV 1×10 (AS) y cables unipolares de 1,5 mm², 4 mm² y 6 mm².
- La centralización de contadores que disponga el taller y un contador trifásico.
- Bases portafusibles y tres fusibles Diazed.
- Interruptores automáticos: uno de 4×32 A, uno de 2×25 A, uno de 4×20 A, uno de 2×16 A y uno de 2×10 A.
- Un interruptor horario de esfera de 16(4)A y un automático de escalera de 10 A.
- Un diferencial de 4×25 A/300 mA y un diferencial de 2×25 A/30 mA.
- Bornes, tubo corrugado, terminales, pulsadores, lámparas, portalámparas, etc.

Montaje de una instalación de enlace y cuadro de servicios generales en un edificio de viviendas

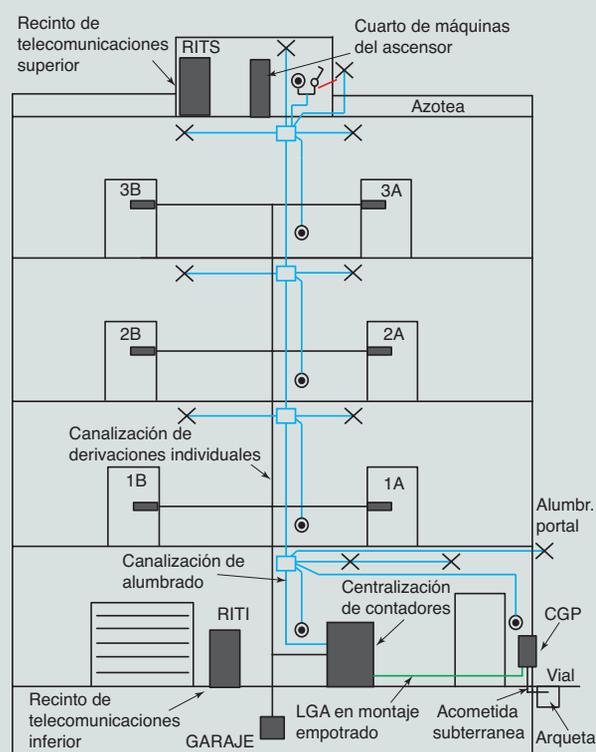
OBJETIVO

Montaje de una instalación de enlace de un edificio de viviendas de 3 plantas, con 2 viviendas por planta. Dicha instalación parte de una acometida subterránea, y la instalación del cuadro de servicios generales ubicado a 1,2 m de la centralización de contadores.

DESARROLLO

La instalación eléctrica a montar como solución al Caso Práctico Inicial se realizará siguiendo las siguientes pautas:

- Se instalará en el taller una CGP con fusibles NH.⁽¹⁾
- Se instalará en el taller una centralización de contadores con las unidades funcionales de embarrado general, así como fusibles de seguridad, unidad de medida y unidad de embarrado de protección y bornes de salida.⁽²⁾



↑ Figura 8.27.

- De la CGP se canalizarán los conductores de la LGA hasta la centralización de contadores, acometiendo al interruptor general de maniobra.⁽³⁾
- En el embarrado general se ubicarán en las tres barras de fase, bases portafusibles Diazed (de botella) tamaño D02.
- En la unidad funcional de medida se instalará un contador trifásico para los servicios generales.
- En la unidad funcional de protección y bornes de salida se instalan 4 bornes en carril DIM y un borne sobre el embarrado de protección; de ellos partirá la derivación individual del cuadro de servicios generales de edificio.
- Se realizará el montaje del cuadro de servicios generales.
- Se realizará el circuito de alumbrado de escalera del edificio mediante automático de escalera a 4 hilos.
- Se realizará el alumbrado del portal de forma que esté encendido de forma permanente desde las 20:00 h hasta las 4:00 h.

⁽¹⁾ En la CGP del taller, deberás instalar los fusibles NH con ayuda de la manilla antes de la puesta en marcha de la instalación.

⁽²⁾ En la centralización de contadores deberás realizar todas las conexiones necesarias para alimentar tanto el cuadro de servicios generales como la instalación eléctrica realizada.

⁽³⁾ Deberás realizar la conexión de esta línea mediante terminales.



1. Calcular la previsión de potencia del edificio teniendo en cuenta los datos establecidos en la tabla 8.1 al comienzo de esta unidad.

La previsión de carga del edificio será la siguiente:

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

$$P_V = 5,4 \cdot \left(\frac{6 \cdot 9.200}{6} \right) = 49,68 \text{ kW} \quad P_{SG} = (7.500 \cdot 1,3) + (20 \cdot 87) + 3.600 + 700 = 15,79 \text{ kW}$$

$$P_{LC} = 0 \text{ kW}$$

$$P_G = 320 \cdot 20 = 6,4 \text{ kW}$$

Por tanto:

$$P_T = 49,68 + 15,79 + 6,4 = 71,87 \text{ kW}$$

2. En función de la potencia calculada anteriormente, se pide calcular la LGA si ésta se canaliza empotrada con conductores unipolares tipo RZ1-K 0,6/1 kV (AS), siendo su longitud de 10 m. Igualmente se pide calcular el calibre de los fusibles y determinar el tipo de CGP si la acometida es subterránea.

Para el cálculo de sección tenemos en cuenta la máxima temperatura de trabajo de la LGA, siendo la conductividad para conductores XLPE (R) de $K_{90^\circ\text{C}} = 44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$, por tanto:

$$S = \frac{71.870 \cdot 10}{44 \cdot 2 \cdot 400} = 20,41 \rightarrow 25 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{71.870}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 115,26 \text{ A}$$

Si comprobamos en la tabla 1 de la ITC-BT 19 para conductores 3xXLPE unipolares en montaje empotrado (fila B, columna 8), un conductor de 25 mm^2 tiene una I_{max} de 106 A, con lo cual el conductor que como mínimo será capaz de soportar la intensidad demandada será de **35 mm^2** , cuya I_{max} es de 131 A. El siguiente paso será buscar si hay protección normalizada entre la Intensidad demandada y la $I_{\text{máx}}$ del conductor. En este caso entre 115,26 A y 131 A encontramos una protección de **125 A**.

Por tanto se utilizarán tres conductores unipolares **RZ1-K 1x35 (AS)** para los conductores de fase y un conductor unipolar **RZ1-K 1x16 (AS)** para el neutro, todos ellos alojados en un tubo de **110 mm** (ver tabla 1 ITC-BT 14).

La CGP será la que la empresa distribuidora establezca en función de sus normativas y del tipo de acometida, consultando a dicha empresa se establece una de tipo CGP-7 en la cual se alojarán tres fusibles NH 125 A gG/gL, tamaño 00 y poder de corte 120 kA.

3. Diseñar el cuadro de servicios generales.

Del cuadro de servicios generales partirán, el ascensor, el alumbrado común, y los servicios de telecomunicaciones, de forma que se utilizarán conductores unipolares tipo ES07Z1-K (AS) en canalización empotrada, siendo las secciones y protecciones de cada uno de estos servicios las siguientes:

Ascensor

$$S = \frac{7.500 \cdot 1,3 \cdot 22}{56 \cdot 20 \cdot 400} = 0,47 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{7.500 \cdot 1,3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 17,59 \text{ A}$$

Por tanto la sección de los conductores será de **4 mm^2** , protección de **$4 \times 20 \text{ A}$** y tubo de **25 mm**.

Alumbrado común

$$S = \frac{2 \cdot 1.740 \cdot 27}{56 \cdot 6,9 \cdot 230} = 1,05 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{1.740}{230} = 7,5 \text{ A}$$

Por tanto la sección de los conductores será de **$1,5 \text{ mm}^2$** , protección de **$2 \times 10 \text{ A}$** y tubo de **20 mm** ya que se distribuyen 5 conductores, es decir, 4 conductores del automático de escalera a 4 hilos + TT.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

Toma de corriente monofásica

$$S = \frac{2 \cdot 3.600 \cdot 0,5}{56 \cdot 11,5 \cdot 230} = 0,02 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{3.600}{230} = 15,65 \text{ A}$$

Por tanto la sección de este circuito será de $2,5 \text{ mm}^2$, protección $2 \times 16 \text{ A}$ y tubo 20 mm .

Telecomunicaciones

Se prescinde de cálculos ya que, como es evidente, la potencia es pequeña; sin embargo, el reglamento de ICT establece un automático de $2 \times 25 \text{ A}$, conductores de 6 mm^2 y tubo de 32 mm .

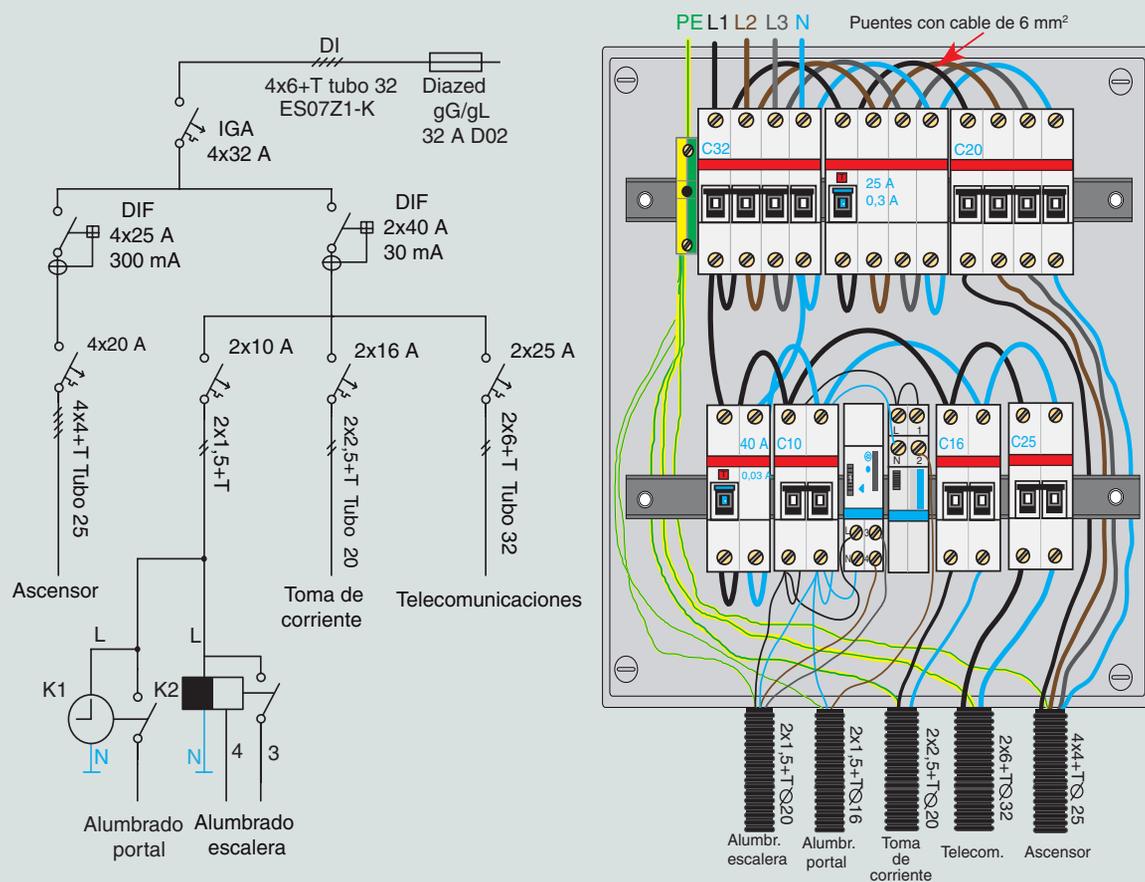
Derivación individual, Interruptor General Automático e interruptores diferenciales

Para determinar el calibre de los fusibles que protegen a la derivación individual, así como el calibre del IGA hay que tener en cuenta un coeficiente de simultaneidad de 1, es decir, todos los servicios pueden estar funcionando a la vez al máximo de potencia, de forma que se calcula la DI para conductores tipo ES07Z1-K(AS) a su máxima temperatura de trabajo, siendo la conductividad para conductores de poliolefina (Z1 equivalentes a PVC) de $K_{70^\circ\text{C}} = 48 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2$:

$$S = \frac{15.790 \cdot 1,2}{48 \cdot 4 \cdot 400} = 0,24 \rightarrow 1,5 \text{ mm}^2 \quad I = \frac{15.790}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 25,32 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta estos resultados se utilizarán conductores unipolares de 6 mm^2 bajo tubo de 32 mm , protegidos por fusibles de 32 A tipo botella ubicados en el embarrado de la centralización de contadores. El IGA será de $4 \times 32 \text{ A}$.

Por otro lado se instalará un diferencial de $4 \times 25 \text{ A}/300 \text{ mA}$ para el ascensor y un interruptor diferencial de $2 \times 40 \text{ A}/30 \text{ mA}$ que agrupa al resto de los servicios, siendo el esquema unifilar y de montaje el de la figura 8.28.

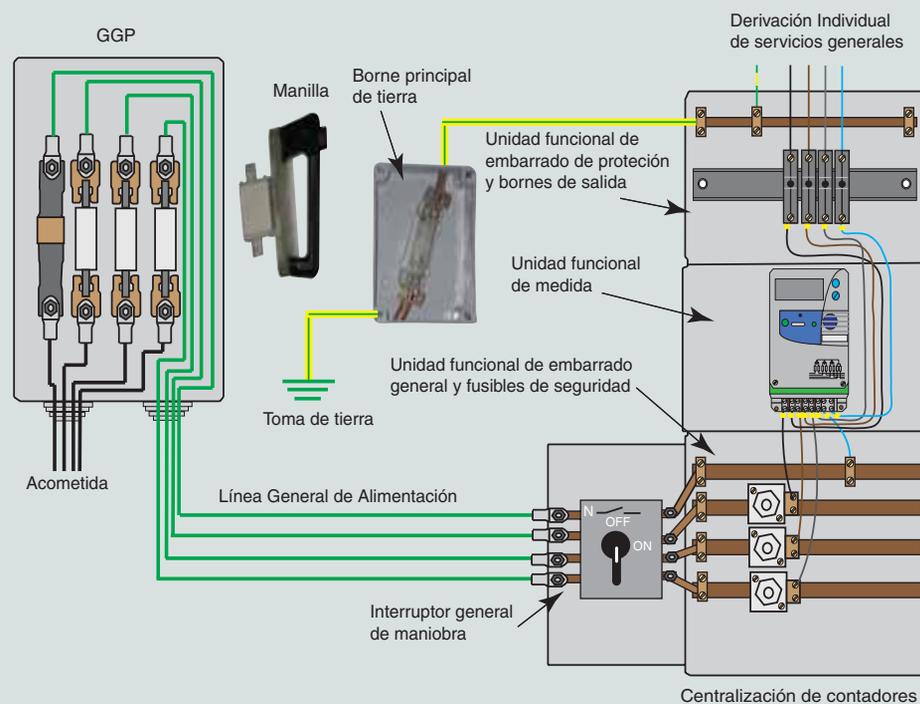


↑ **Figura 8.28.** Esquema unifilar y de montaje del cuadro de servicios generales del edificio.

**4.** Realiza el montaje de la instalación de enlace y centralización de contadores.

Para simular dicho montaje realiza las siguientes operaciones:

- Introduce los conductores de la línea general de alimentación a través del tubo que enlaza la CGP con la **centralización de contadores**, y seguidamente, fija los terminales correspondientes sobre los dos extremos de los 4 conductores de LGA.
- Conecta por un extremo los terminales de la LGA a las bases portafusibles y conector amovible del neutro de la CGP, y por el otro extremo realiza la conexión con el **interruptor general de maniobra**.
- En la centralización de contadores del taller, sobre el **embarrado general** ubica sobre las barras de fase tres bases portafusibles Diazed, y un borne de conexión sobre la barra del neutro.
- Instala un contador trifásico en la **unidad funcional de medida** y conéctalo a la salida de las bases portafusibles y borne del neutro.
- Instala la derivación individual de los servicios generales, para ello conecta las salidas del contador a 4 bornes de la **unidad funcional de embarrado de protección y bornes de salida**, y conecta a dichos bornes los conductores de la derivación individual. El conductor de tierra se conectará al embarrado de protección de esta unidad funcional. Finalmente conecta la derivación individual al cuadro de servicios generales que has realizado anteriormente.
- Utiliza la manilla de inserción y extracción de fusibles NH para alojar los fusibles de cuchilla en su base portafusibles, y coloca los tres fusibles Diazed en las correspondientes bases portafusibles.
- Finalmente conecta las bases portafusibles NH a la alimentación.



↑ **Figura 8.29.** Conexiones de la instalación de enlace.

- Realiza el montaje del alumbrado de escalera, conectando los pulsadores y lámparas al automático de escalera a **4 hilos**, así como el alumbrado del portal, conectado al interruptor horario, según muestra la figura de alzado (figura 8.27). Conecta una base de enchufe al circuito de toma de corriente y regletas a los demás circuitos y acciona el interruptor general de maniobra, comprobando el correcto funcionamiento del alumbrado del portal y escalera, y con el polímetro comprueba si tienes tensión en los demás circuitos.



PRÁCTICA PROFESIONAL 2

MATERIAL

- Un interruptor automático de 4×32 A.
- Un interruptor automático de 4×16 A.
- Tres interruptores automáticos de 2×10 A.
- Dos interruptores automáticos de 2×16 A.
- Un interruptor diferencial de 4×25 A/300 mA.
- Dos interruptores diferenciales de 2×25 A/30 mA.
- Dos automáticos de escalera de 10 A.
- Un contactor trifásico de 20 A.
- Cinco pulsadores.
- Seis interruptores.
- Cable unipolar de 1,5 mm², 2,5 mm² y 6 mm².
- Tubo corrugado, lámparas, portalámparas, abrazaderas, carril DIM, cajas de registro, etc.

Instalación eléctrica de un garaje de un edificio de viviendas

OBJETIVO

Realizar la instalación eléctrica del garaje perteneciente al edificio de viviendas planteado en la Práctica Profesional 1, el cual posee 6 trasteros, una bomba de achique, una puerta automática, un motor de extracción de humos y un sistema contra incendios.

DESARROLLO

La instalación eléctrica a montar, es la siguiente:

- Sobre el panel de pruebas dibuja el esquema topográfico reflejado en la figura 8.30 y sobre él ubica las cajas de registro, mecanismos y tubos, así como el tendido de conductores y conexionado de los mismos.
- Utiliza el contador trifásico y fusibles de seguridad instalados en la Práctica Profesional 1 de esta unidad para conectar la derivación individual del garaje a la centralización de contadores.

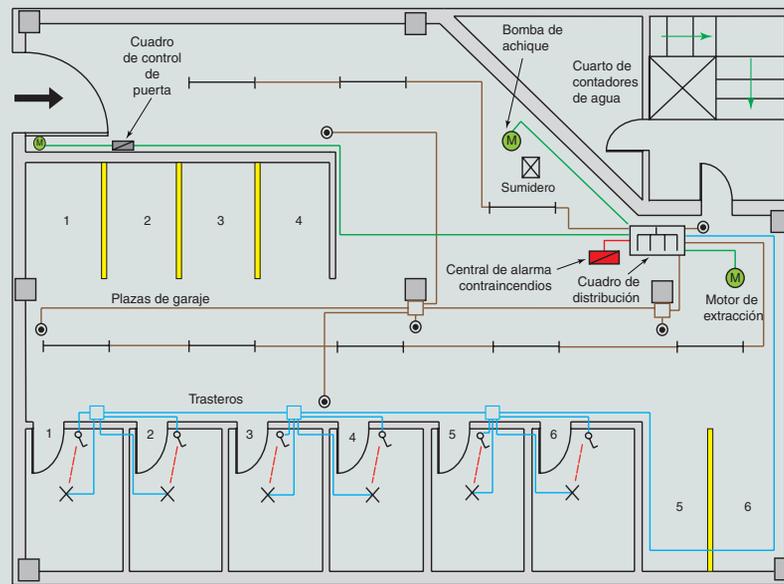
- Instala el cuadro de distribución del garaje constituido por los elementos de control y dispositivos de protección de los receptores reflejados en la siguiente tabla:

DISPOSITIVOS DE MANDO Y PROTECCIÓN
Un Interruptor General Automático de 4×25 A
Motor de extracción de humos: un diferencial de 4×25 A/300 mA, un interruptor automático de 4×16 A un reloj (automático de escalera) y un contactor trifásico de 3×20 A.
Alumbrado del garaje y alumbrado de trasteros: un interruptor diferencial de 2×25 A, un interruptor automático de 2×10 A, un reloj (automático de escalera) para el alumbrado del garaje, y un interruptor automático para el alumbrado de trasteros.
Bomba de achique, alarma contra incendios y puerta de garaje: un diferencial de 2×25 A/30 mA, un interruptor automático de 2×16 A para la bomba de achique, un interruptor automático de 2×10 A para la alarma contra incendios y un interruptor automático de 2×16 A para la puerta del garaje.

- Conecta la instalación interior que has realizado al cuadro de distribución y prueba su funcionamiento.

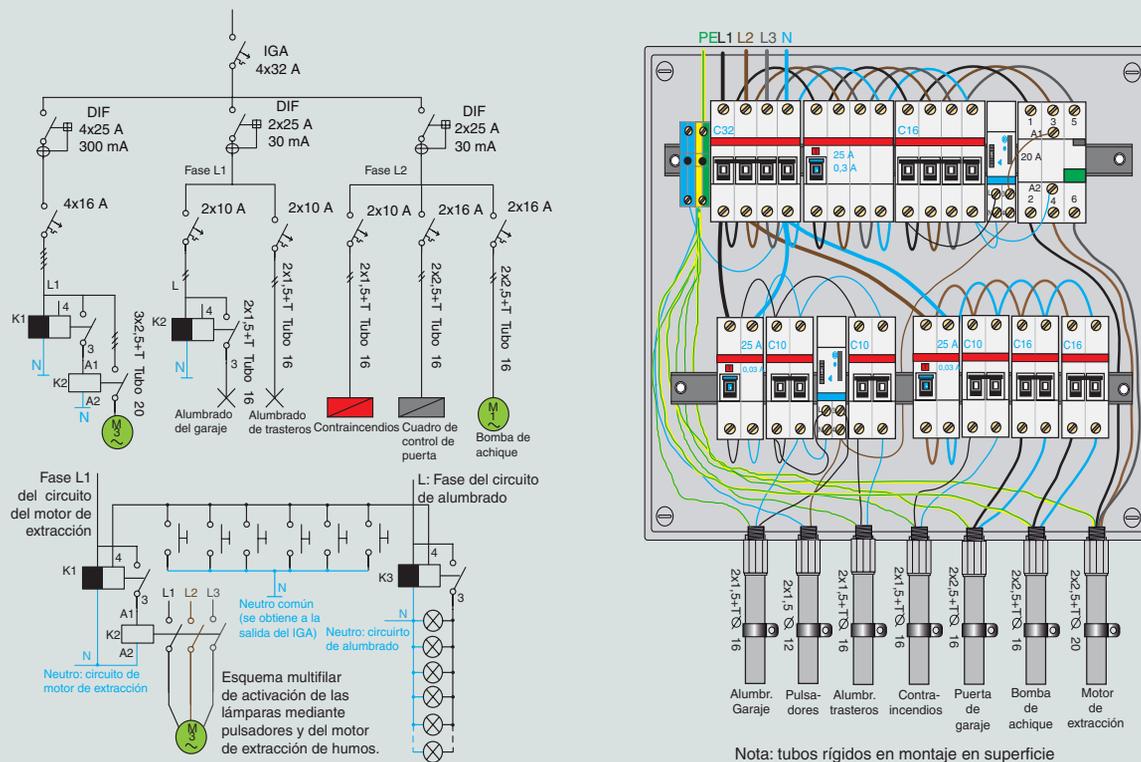


1. Dibuja el esquema de distribución en planta del garaje y realiza la instalación eléctrica del mismo.



↑ Figura 8.30. Esquema topográfico del garaje.

2. Dibuja el esquema unifilar del cuadro de distribución, el esquema de montaje y móntalo conectando los diferentes circuitos que has instalado probando su funcionamiento.



↑ Figura 8.31. Esquema unifilar y de montaje del cuadro de distribución del garaje.



MUNDO TÉCNICO

Instalación de puesta a tierra en edificios

Según la ITC-BT 26, la instalación de puesta a tierra en los edificios de viviendas exige que ésta se realice instalando en el fondo de las zanjas de la cimentación, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 mm^2 . Éste debe formar un anillo cerrado a lo largo de todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticales (picas) hincados en el terreno cuando se prevea disminuir la resistencia de tierra.

Al conductor en anillo, o bien a las picas, se conectará la estructura metálica del edificio. Estas conexiones deben realizarse mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

A la toma de tierra deberán conectarse las partes metálicas, en su caso, de los depósitos de gasóleo, de las instalaciones de calefacción general, de las instalaciones de agua, de las instalaciones de gas canalizado y de las antenas de radio y televisión.

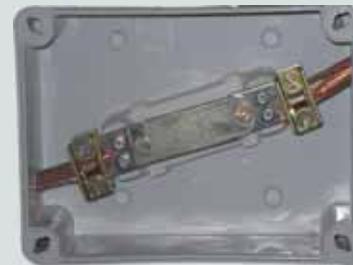
Puntos de puesta a tierra de un edificio

Los puntos de puesta a tierra de los edificios de viviendas se situarán en:

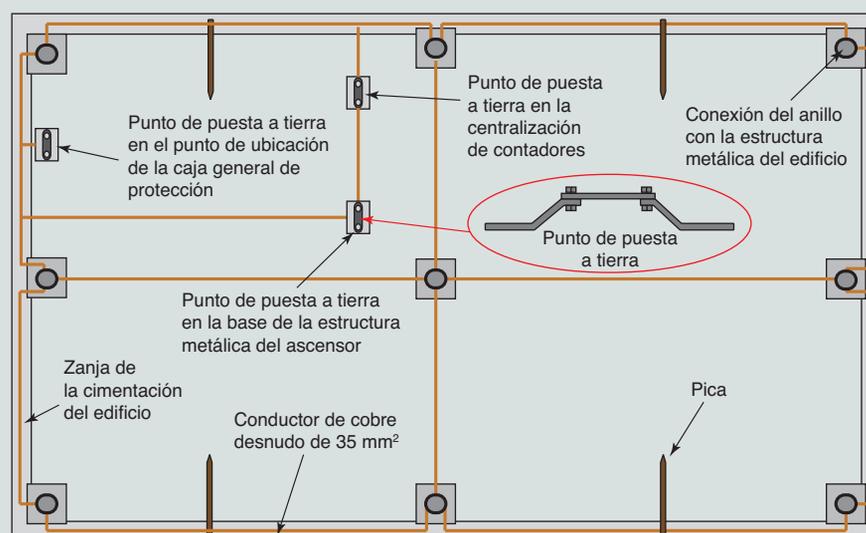
- La centralización de contadores (borne principal de tierra).
- En la base de la estructura metálica del ascensor.
- En el punto de ubicación de la caja general de protección.
- En cualquier lugar donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación deban ponerse a tierra.

Borne principal de tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual se unirán los conductores de tierra que unen los electrodos con los conductores de protección del edificio. Este borne se encuentra normalmente en la centralización de contadores.



↑ Figura 8.32. Borne principal de tierra.



↑ Figura 8.33. Ejemplo de instalación de tierra en un edificio.



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

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 multiconductores (mangueras).
a) Verdadero. b) Falso.
4. ¿A partir de que 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 deriv. individual serán de:
a) Cobre o aluminio de tensión asignada mínima de 450/750 V.
b) Solo de 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 1x6.
b) ES07Z1-K 1x6.
c) RV-K 0,6/1 kV 1x6.
7. Las derivaciones individuales de las viviendas de un edificio deberán llevar de forma obligatoria el hilo rojo de mando de 1,5 mm².
a) Falso.
b) Verdadero.
c) A criterio del instalador o proyectista.
8. Una línea general de alimentación con conductores de fase tipo RZ1-K 1x150, podrá reducir la sección del conductor neutro a:
a) 50 mm² b) 70 mm² c) 95 mm²
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

9

Luminotecnia

vamos a conocer...

1. Magnitudes características en luminotecnia
2. Tipología de lámparas eléctricas
3. Regulación y control de alumbrado
4. Diseño de alumbrado de interiores

PRÁCTICA PROFESIONAL 1

Instalación de un sistema de alumbrado LED con tres escalones de potencia

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

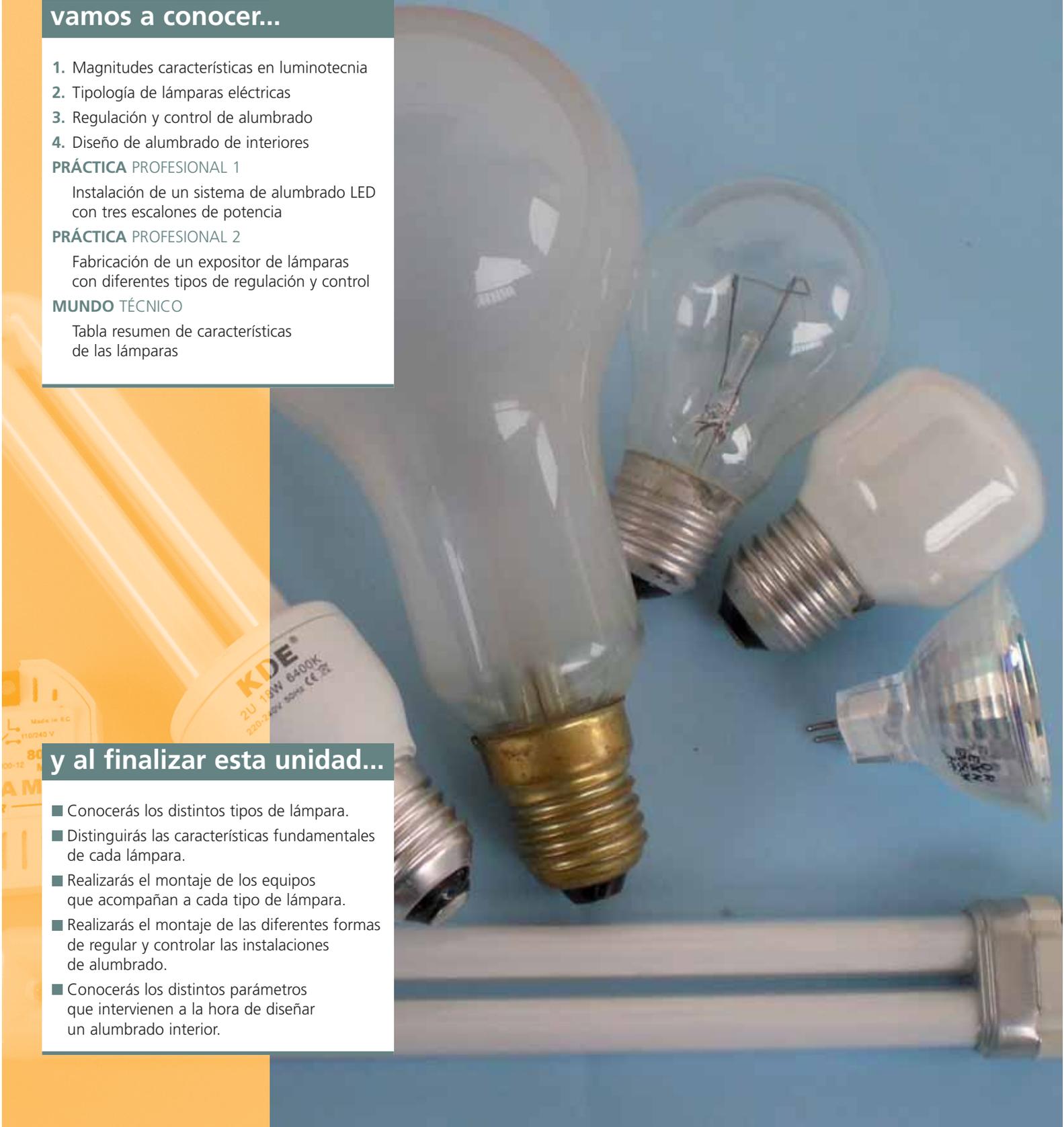
Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control

MUNDO TÉCNICO

Tabla resumen de características de las lámparas

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.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

El alumbrado de pasillos de un hotel, que no cuenta con luz natural, está compuesto por lámparas incandescentes halógenas dicroicas de 12 V/50 W, alimentadas mediante transformador individual.

Si bien el nivel de iluminación y la calidad de la luz son adecuados, se funden con bastante frecuencia (ya que están encendidas todo el día) y el gasto de la factura eléctrica es bastante alto. Además, cuando el ruido ambiental es bajo, se oye el zumbido de los transformadores.

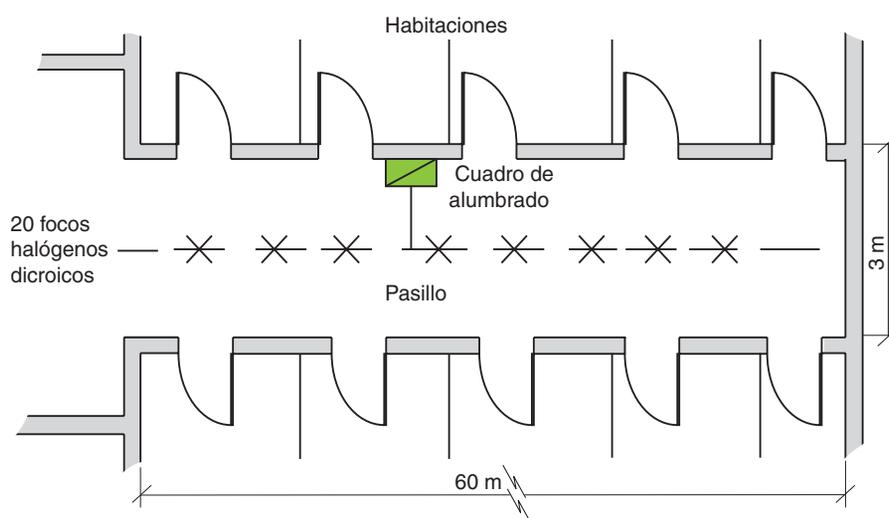
La dirección del hotel recurre a una empresa eléctrica con el objetivo de modificar o cambiar la instalación, para que tenga las siguientes características:

- Mayor duración de las lámparas.
- Control sobre la instalación para que no esté las 24 horas a plena potencia.
- Evitar el ruido molesto de los transformadores.
- Mejorar la eficiencia energética de la instalación.

Además sugiere la posibilidad de instalar un alumbrado más potente cuando se va la luz, pues consideran que el ofrecido por las luminarias de emergencia es muy bajo para el tránsito de los clientes.



↑ **Figura 9.1.** Lámparas led y halógenas.



↑ **Figura 9.2.** Instalación inicial de alumbrado en los pasillos del hotel del caso práctico inicial.

estudio del caso

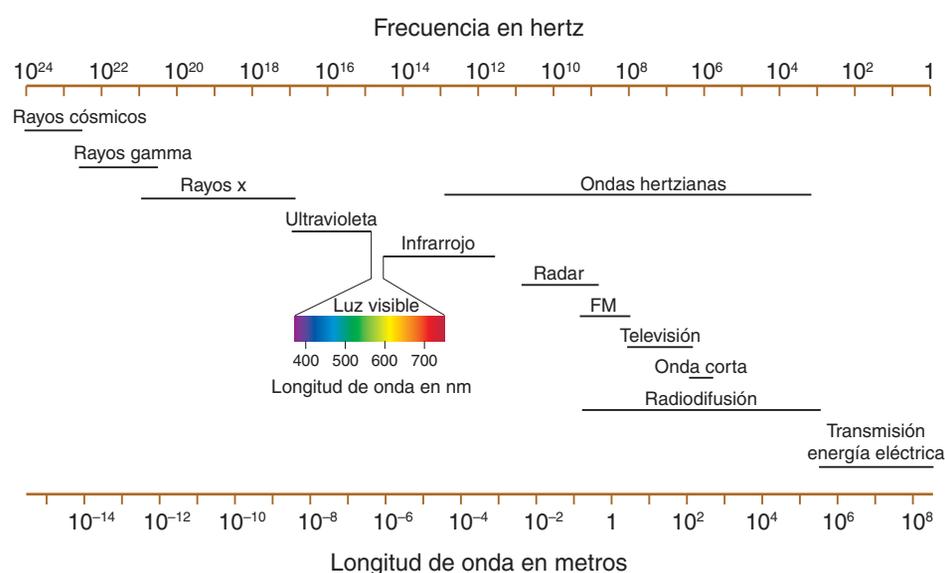
Antes de empezar a estudiar esta unidad de trabajo puedes contestar las dos primeras preguntas. Después analiza los diferentes puntos de la unidad con el objetivo de responder las preguntas restantes.

1. De las lámparas que conoces, ¿sabrías diferenciar entre lámparas incandescentes y de descarga?
2. ¿Qué tipo de sistemas conoces para regular la potencia de las lámparas incandescentes?
3. A la hora de decidir el tipo de lámpara para una instalación, ¿qué magnitudes y características se deben conocer?
4. Si en esta instalación se mantiene el tipo de foco y su ubicación ¿qué otras características influyen en el aprovechamiento del flujo emitido por las lámparas?
5. Con el objeto de disminuir gastos de instalación, ¿qué tipos de lámpara utilizan la misma luminaria (foco) que las halógenas dicroicas de 12 V/50 W?
6. Para proporcionar un suministro eléctrico complementario cuando se interrumpe el suministro normal, ¿qué fuentes de energía se pueden utilizar y cuál es su conexionado?
7. Ante dos instalaciones de alumbrado para un mismo recinto con distinto tipo de lámpara, ¿sabrías valorar el gasto en energía de cada una de ellas?



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 9.3.** 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 y la frecuencia f . El ojo humano sólo 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. Queda claro entonces, que 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.



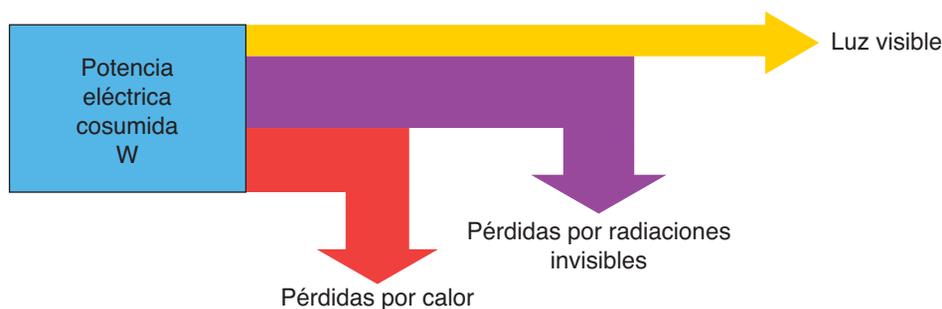
Este es el motivo por el que el diseño de luminarias capaces de evacuar el calor generado por la lámpara es tan importante.

El flujo luminoso ϕ se mide en lumen (lm).

A la hora de valorar la eficiencia energética de una lámpara no sirve 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.

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\phi}{P}$ 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 9.4.** 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: una de incandescencia de 40 W y otra fluorescente de 40 W.

Solución

Observando el catálogo del fabricante, la lámpara incandescente emite un flujo luminoso de 400 lm y la lámpara fluorescente emite 3.200 lm; por tanto, sus rendimientos respectivos son de 10 lm/W y 80 lm/W, que indica que las de incandescencia presentan más pérdidas en forma de calor.

1.2. Temperatura de color e índice de reproducción cromático (IRC)

La «apariencia de color» de una lámpara hace referencia al color de la luz que emite. La luz blanca que produce una lámpara puede variar desde tonalidades cálidas a frías, definidas así en función de las sensaciones que nos producen. En las fuentes de luz incandescente, la **temperatura de color de la luz** es la que posee el filamento (medida en grados Kelvin). Cuanto más baja es la temperatura del filamento, más cálida nos parece la luz, mientras que al aumentar la temperatura la luz nos resulta más fría. En las lámparas de descarga como no hay filamentos, se obtiene por comparación con una fuente incandescente.

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.

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.



Para las aplicaciones generales de iluminación en interior, se divide la luz en tres rangos de temperatura de color:

Blanco cálido: $T_c < 3.300 \text{ K}$

Blanco neutro: $3.300 \text{ K} < T_c < 5.000 \text{ K}$

Luz fría: $T_c > 5.000 \text{ K}$

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:

$IRC < 60 \rightarrow$ Pobre

$60 < IRC < 80 \rightarrow$ Bueno

$80 < IRC < 90 \rightarrow$ Muy bueno

$90 < IRC < 100 \rightarrow$ Excelente

saber más

Según la Normativa Europea, en la nomenclatura de las lámparas debe indicarse después de su potencia un código de 3 dígitos, de los cuales el primero 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 3.400 K

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 algunos tipos de lámpara (lámparas de descarga) con el paso del tiempo el flujo luminoso se deprecia por encima del 30% por lo cual, llegado un punto, es más rentable sustituir las que mantenerlas en la instalación, aunque éstas 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. Por otro lado, todos hemos oído hablar de la corta duración de las lámparas de las instalaciones que se encuentran muy próximas a los centros de transformación, esto es debido a que en las proximidades de éstos, la tensión es más alta (por ejemplo 250 V) para garantizar que a los puntos más alejados les llegue una tensión aceptable (por ejemplo 210V). Por tanto, al aumentar la tensión aplicada se produce un incremento del flujo emitido por la lámpara, pero se reduce la duración de la lámpara. Análogamente, al reducir la tensión se alarga su vida útil.

1.4. Posición de funcionamiento

Las lámparas eléctricas que funcionan gracias a la descarga eléctrica en el seno de un gas necesitan de un reparto uniforme del mismo, así como de los aditivos que se incorporan a la lámpara. Los fabricantes de lámparas, incorporan esta característica a las mismas para garantizar un correcto encendido.

Aunque existen normas generales sobre la posición de trabajo de las lámparas no se puede generalizar, pues incluso un mismo tipo de lámpara de un mismo fabricante con distintas potencias requeriría posiciones de trabajo distintas. La posición de uso viene reflejada en sus instrucciones técnicas mediante un pequeño gráfico como el indicado en la figura 9.5.



↑ **Figura 9.5.** Posición de funcionamiento en dos tipos diferentes de lámparas descarga de alta intensidad.

1.5. Tiempo de encendido y tiempo de reencendido

Las lámparas eléctricas que funcionan por descarga eléctrica en el seno de un gas necesitan que la temperatura de éste en el inicio de la descarga sea muy inferior a la temperatura de trabajo. Según esto se definen dos conceptos nuevos: *tiempo de encendido* y *tiempo de reencendido*.

- Tiempo de encendido** es el que necesita la lámpara para emitir su flujo total, partiendo de la temperatura ambiental.
- Tiempo de reencendido** es el que necesita la lámpara para emitir su flujo total, pero partiendo de su temperatura de trabajo. Por lo tanto, es el periodo de tiempo necesario para enfriar la lámpara más el tiempo de encendido.

Estas características son de gran importancia al elegir una lámpara, ya que se limita su uso a actividades en las que no se produzcan encendidos y apagados frecuentes. De todos modos, en caso de apagones intempestivos, existen sistemas de apoyo que cubren estos periodos con otro tipo de lámparas de arranque instantáneo como veremos más adelante.

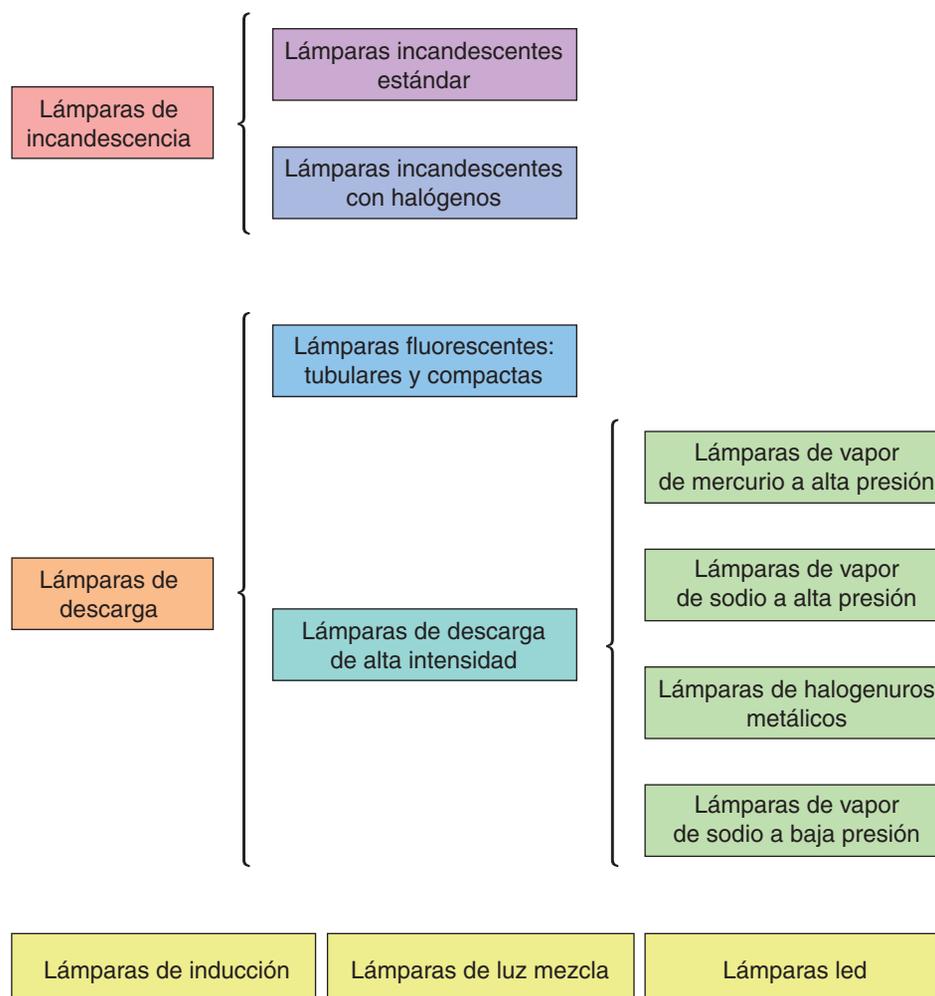
recuerda

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 (1kWh cuesta aproximadamente 0,12 €).



2. Tipología de lámparas eléctricas

A continuación se presenta una clasificación elemental de lámparas eléctricas:



Nota: las magnitudes y características principales de estas lámparas se recogen en una **tabla resumen** al final de esta unidad

↑ **Tabla 9.1.** Clasificación de los diferentes tipos de lámparas.

2.1. Lámparas incandescentes



↑ **Figura 9.6.** Diferentes lámparas de incandescencia.

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de **wolframio** o **tungsteno** que al calentarse alcanza temperaturas tan altas que emite luz visible. Para frenar la volatilización de las partículas del filamento, la ampolla de la lámpara se rellena con un gas inerte (mezcla de Argón y Nitrógeno) que dificulta la evaporación del material del filamento, y permite el aumento de la temperatura de trabajo.

Ha sido la lámpara utilizada en los hogares durante muchos años ya que existe una variada gama de potencias, colores y modelos (vela clara, vela rizada, esférica, etc.), pero su bajo rendimiento (en torno al 90% de su consumo eléctrico se transforma en calor) hace que esté **previsto suspender totalmente su fabricación en el año 2017**.



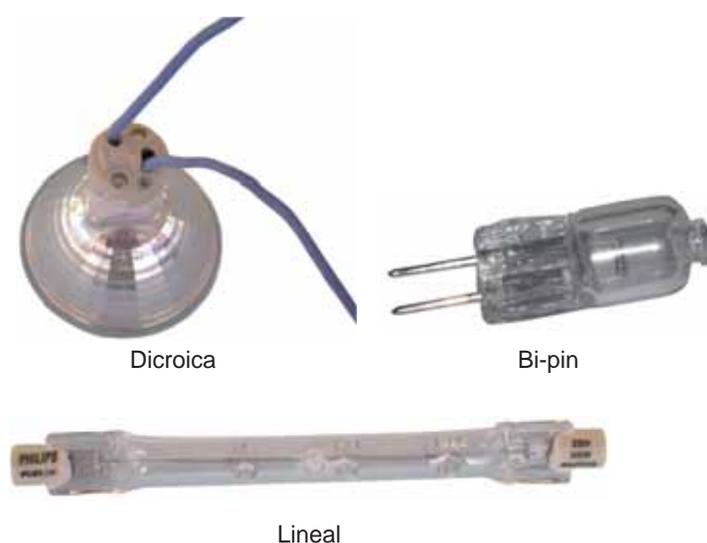
2.2. Lámpara incandescente halógena

La lámpara halógena consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. La diferencia principal reside en que el filamento, alcanza temperaturas muy superiores a la incandescente estándar ya que el gas argón se sustituye por un gas halógeno, (yodo o bromo). Además, en lugar de cristal común, para la ampolla de protección se utiliza cristal de cuarzo, que soporta mucho mejor la altísima temperatura a la que se ve sometido el filamento.

Cuando el filamento alcanza la temperatura más alta, comienza el proceso de evaporación: los átomos de tungsteno se gasifican y se expanden buscando la superficie interior de la cápsula de cristal de cuarzo. El tungsteno reacciona espontáneamente con el gas halógeno, transformándose en otro gas, el halogenuro de tungsteno. Este gas al contactar con el filamento a 1.400 °C, se descompone en forma de tungsteno metálico permitiendo a éste reciclarse y conseguir mayor vida útil. Todo este proceso se conoce como «**ciclo del halógeno**».

Estas lámparas poseen mayor rendimiento luminoso y vida útil que las incandescentes estándar, ofreciendo además una potencia mayor en tamaños más reducidos. Por el contrario, alcanzan altas temperaturas y emiten radiaciones ultravioleta, por lo que se recomienda colocar delante un cristal protección. No se pueden tocar directamente con los dedos, pues el sudor o la grasa de las manos alteran la composición química del cristal de cuarzo. Esta reacción, conocida como **desvitrificación**, debe tenerse en cuenta por el instalador, ya que de lo contrario se acorta su vida útil. Su posición de trabajo debe ser horizontal para que el ciclo de halógeno se produzca uniformemente.

Las formas más comunes son: **lineales, de cápsula o estándar, dicroica reflectora y bi-pin**. Se fabrican algunos modelos para trabajar a 230 V (lineales, de cápsula, bi-pin y algunas dicroicas), y otras para 12 V (dicroicas), utilizando para su funcionamiento un transformador (electromagnético o electrónico).



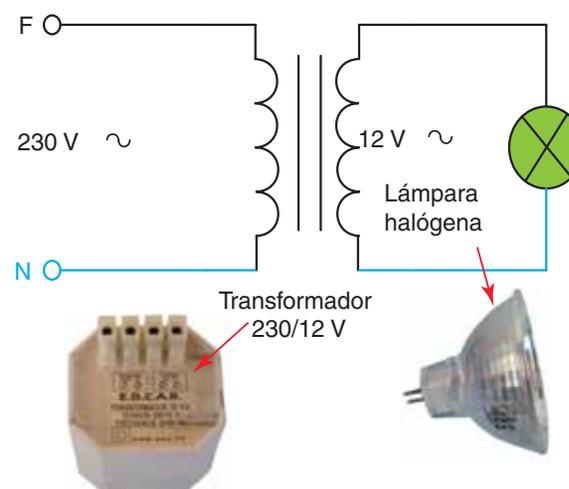
↑ **Figura 9.9.** Lámparas halógenas dicroica, lineal y bi-pin.



↑ **Figura 9.7.** Transformador electromagnético 230/12 V.



↑ **Figura 9.8.** Transformador electrónico 230/12 V.



↑ **Figura 9.10.** Esquema de conexión de lámparas halógenas dicroicas de 12 V mediante transformador.

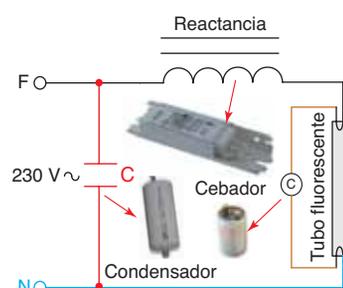


saber más

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 9.11. Conexión de tubo fluorescente mediante reactancia electromagnética.

2.3. 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**.

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.

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.



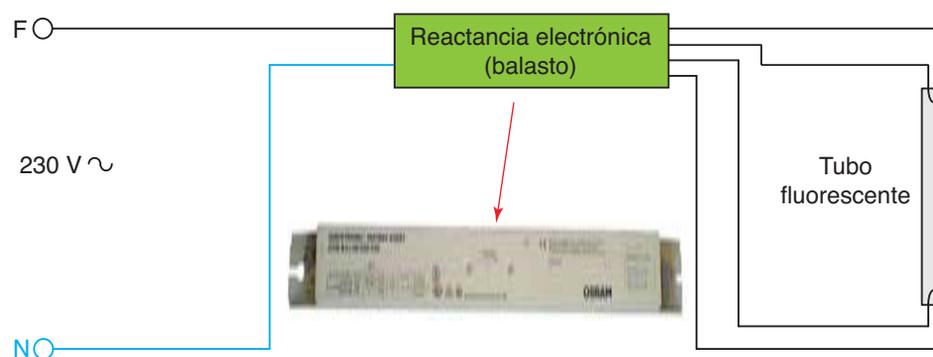
↑ Figura 9.12. Cebador, reactancia y tubo fluorescente.



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. Éste tipo de reactancia aporta un gran número de ventajas técnicas, algunas son las siguientes:

- Poseen mayor eficiencia energética (105 lm/W).
- Garantizan un encendido instantáneo.
- Ausencia de efecto estroboscópico.
- Ausencia de parpadeos con lámpara agotada.
- Menor depreciación del flujo luminoso con el paso del tiempo.
- 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 éstas frente a los equipos convencionales.



↑ **Figura 9.14.** Conexión de un tubo fluorescente mediante reactancia electrónica.

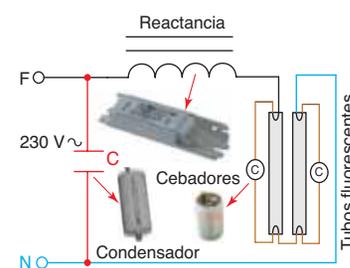
Lámparas fluorescentes compactas o lámparas de bajo consumo

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).

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:



↑ **Figura 9.13.** Conexión de dos tubos fluorescentes mediante una sola reactancia electromagnética.



↑ **Figura 9.15.** Reactancia electrónica.



↑ **Figura 9.16.** Lámparas fluorescentes de bajo consumo (compactas).



↑ **Figura 9.17.** Lámpara de vapor de mercurio.

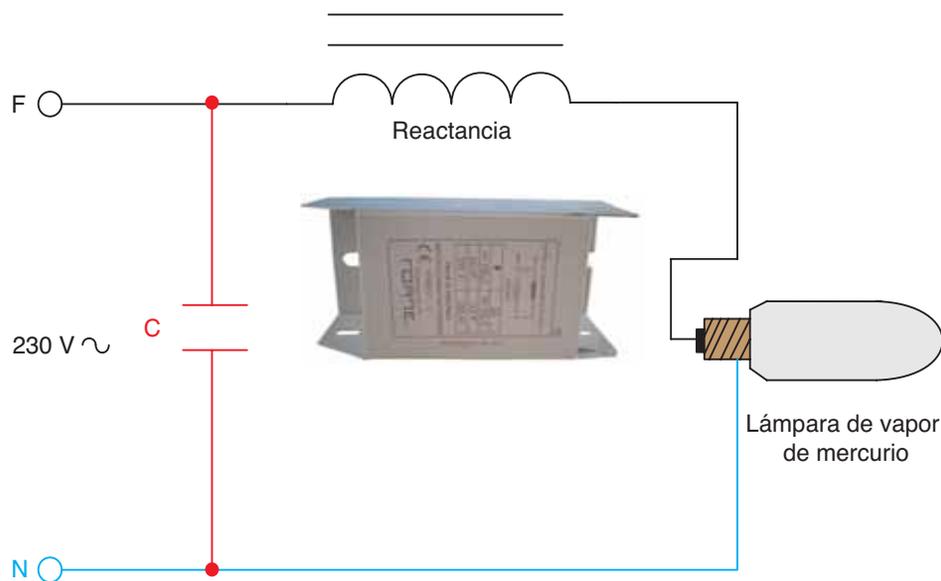
Lámpara de vapor de mercurio

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.

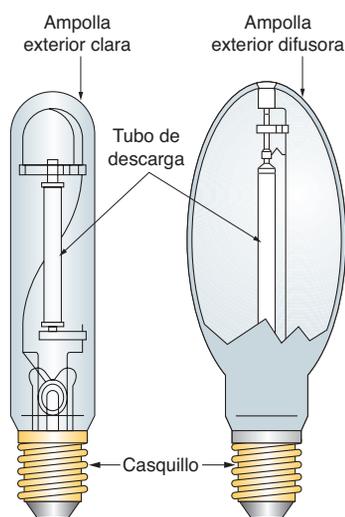
No utilizan arrancador, por lo que al conectar la lámpara a través de la reactancia, se produce inicialmente una descarga entre el electrodo principal y un electrodo auxiliar de encendido, que se encuentra muy próximo. La descarga ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un arco entre los 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**» que alcanzan un IRC próximo a 60.

Se utilizan en alumbrado industrial, urbano, parques y jardines.



↑ **Figura 9.18.** Conexión de una lámpara de vapor de mercurio.



↑ **Figura 9.19.** Lámparas de vapor de sodio de alta presión de ampolla elipsoidal y ampolla tubular.

Lámpara de vapor de sodio alta presión

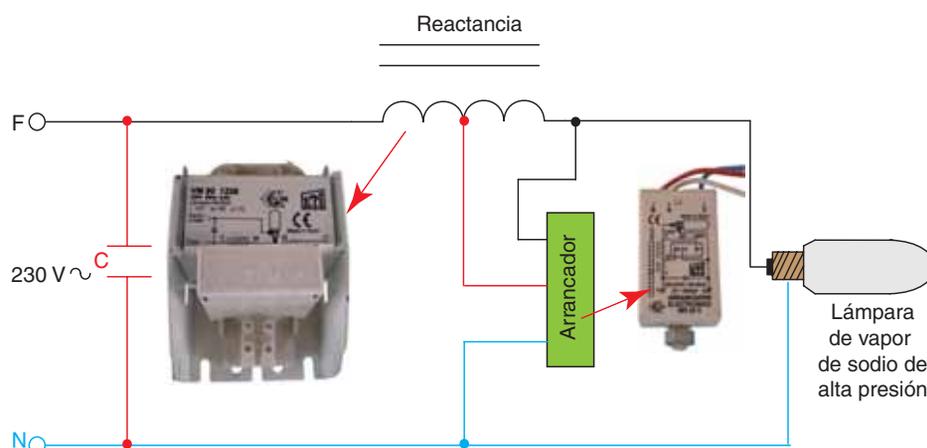
Estas lámparas están formadas por un tubo de descarga de óxido de aluminio capaz de resistir temperaturas de hasta 1000 °C, así como la acción química del vapor de sodio. El tubo de descarga se aloja en el interior de una ampolla de vidrio duro, resistente a la intemperie, que sirve de protección y aislamiento 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.



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.



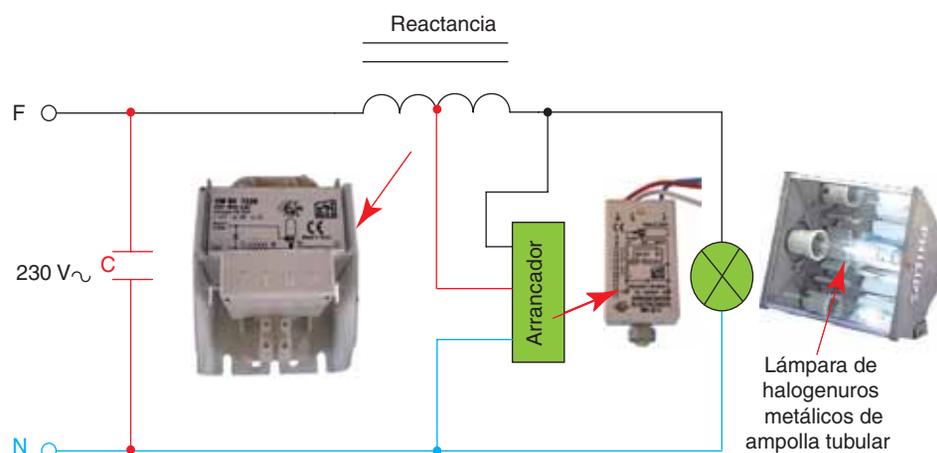
↑ **Figura 9.20.** Esquema conexión de una lámpara vapor de sodio alta presión.

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 arrancador**.

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 su aplicación más generalizada sea alumbrado de proyección, estadios, retransmisiones de televisión, estudios de cine, iluminación decorativa de interior en escaparates, centros comerciales, etc.



↑ **Figura 9.22.** Esquema de conexión de las lámparas de halogenuros metálicos.

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.



↑ **Figura 9.21.** Lámpara de halogenuros metálicos en formato de doble conexión sin cable.



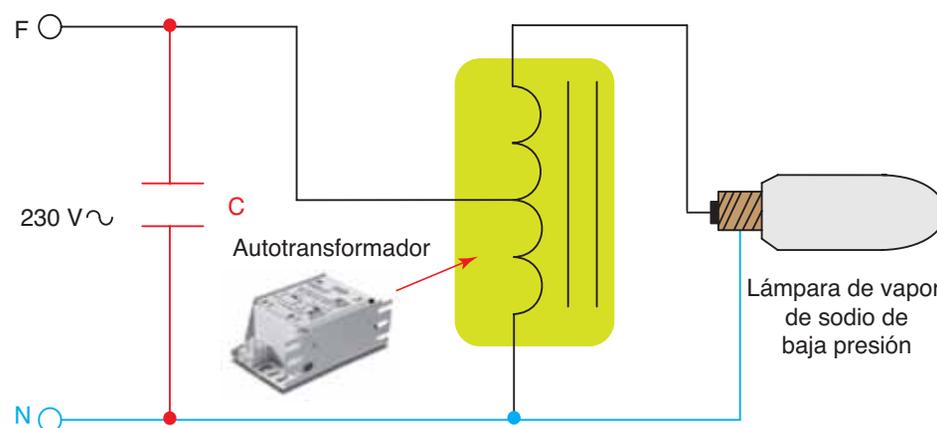
↑ Figura 9.23. Lámpara de vapor de sodio de baja presión.

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 sólo hasta unos 600 V, por lo que no precisa arrancador, sino un aparato de alimentación que se denomina **reactancia autotransformadora**.

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. 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 9.24. Esquema de conexión típico de una lámpara de vapor de sodio de baja presión.

ACTIVIDADES

1. Realiza un inventario de las lámparas con que cuentas en el aula-taller y confecciona una tabla con los siguientes apartados:

TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA	FLUJO LUMINOSO	POSICION 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 9.24. Después responde 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 al menos en el catálogo de 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).



Reactancias

Al igual que en 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 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 utiliza 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).

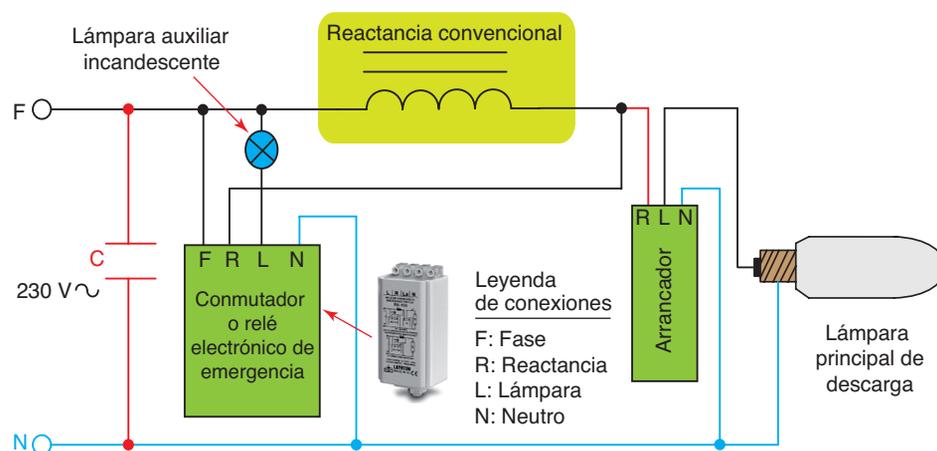
Junto a éstas, existen otros tipos para aplicaciones muy específicas como las reactancias electrónicas (que permiten regular el flujo aunque no aumentan su eficacia luminosa), o reactancias de doble nivel (para ahorro energético).

Arrancadores

Algunas lámparas de descarga de alta intensidad (halogenuros metálicos y sodio 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.



↑ Figura 9.25. Diferentes tipos de reactancias para lámparas de descarga de alta intensidad.

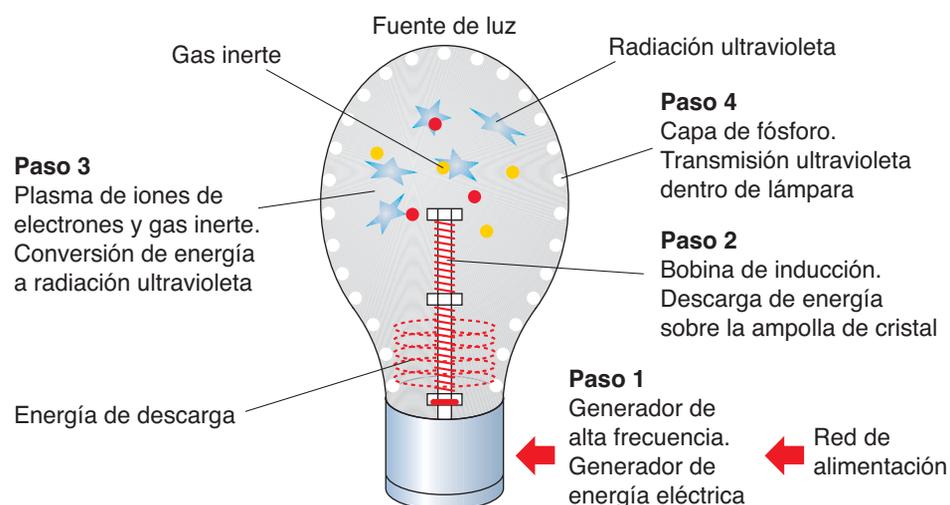


↑ Figura 9.27. Arrancador o ignitor y conmutador o relé de emergencia.



2.4. Lámpara de inducción

La lámpara de inducción se basa en la descarga de gas a baja presión, pero con una nueva tecnología, ya que prescinde de los electrodos. Utiliza una antena interna, cuya potencia proviene de un generador externo de alta frecuencia, que crea un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga, así se induce una corriente eléctrica en el gas que origina su ionización. La ventaja principal que ofrece esta lámpara es su **larguísima vida útil**, que la hace ideal para ser utilizada en instalaciones de difícil acceso que precisan el mínimo mantenimiento posible, como techos de gran altura, túneles, etc.



↑ Figura 9.28. Funcionamiento de las lámparas de inducción.

2.5. Lámpara luz mezcla



↑ Figura 9.29. Lámpara luz mezcla.

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de lámpara de vapor de mercurio a alta presión con lámpara incandescente, completado con un recubrimiento exterior fosforescente. Estas lámparas no necesitan balasto ya que el propio filamento de la lámpara incandescente actúa como estabilizador de la corriente. Su apariencia externa es similar a la lámpara de vapor de mercurio, por lo que antes de instalarla conviene fijarse bien en sus características.

Presentan valores característicos intermedios entre ambos tipos de lámpara. El hecho de no llevar añadido ningún dispositivo, las confiere gran uso en instalaciones temporales (ferias, venta ambulante etc.) y como sustitución de lámparas incandescentes, sin que ello suponga ningún cambio en las luminarias.

2.6. Lámpara led

El LED es un diodo semiconductor que al ser atravesado por una corriente eléctrica emite luz. El color de la luz emitida depende básicamente de la composición química del material semiconductor utilizado. Dado que la luz es monocromática, para producir luz blanca y de buena reproducción de color se recurre a la combinación de un LED azul o ultravioleta y fósforos de diferente composición (como se hace en las lámparas fluorescentes). Si combinamos con fósforos amarillos, tendremos un LED blanco frío. Si usamos fósforo rojos y verdes podemos obtener un LED blanco cálido.



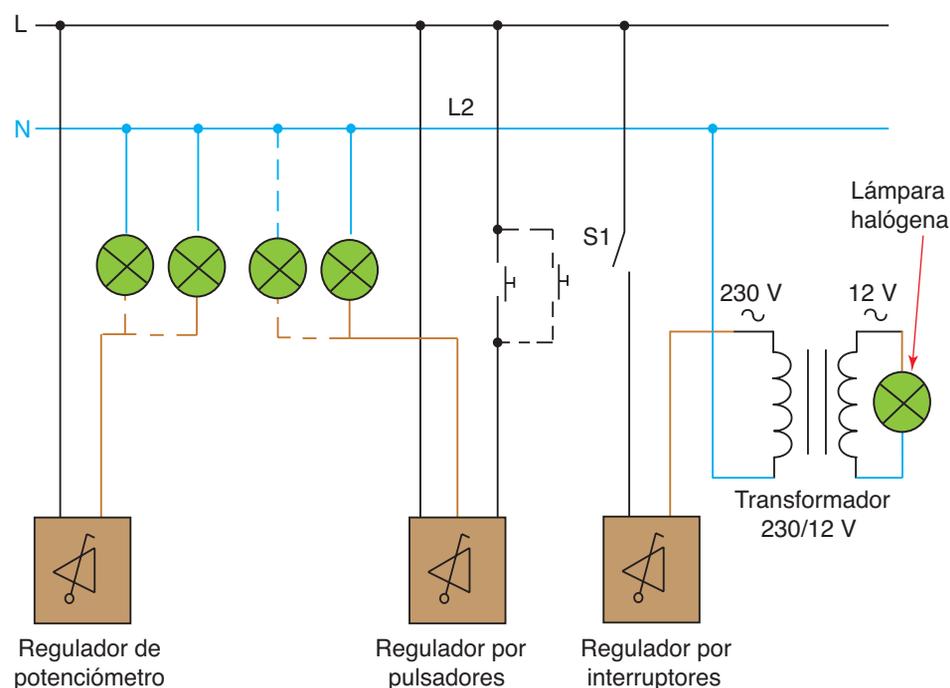
Como cualquier semiconductor, son muy sensibles a la temperatura y a la tensión, disminuyendo su eficacia luminosa y su vida útil si se superan sus valores nominales. Aunque actualmente su utilización se centra en alumbrados decorativos y de señalización, se prevé a corto plazo conseguir en estas lámparas eficacias luminosas muy superiores a 100 lm/W, lo que unido a su altísima vida útil les confiere muchas posibilidades de ser la lámpara doméstica del futuro.

3. Regulación y control de alumbrado

3.1. Regulación del flujo luminoso en lámparas incandescentes

Para la regulación del flujo luminoso se utilizan dispositivos, basados en el recorte de la onda de tensión, conocidos como dimmers o pastillas reguladoras. Existen 3 versiones principales: regulación por potenciómetro giratorio, por pulsador, o por interruptor. Es muy importante que el regulador posea un circuito para la supresión de las propias interferencias que generan los recortes de la onda.

Para las lámparas halógenas alimentadas mediante transformador electromagnético, los reguladores o dimmers se colocan en el primario, en serie con la fase. Cuando el transformador es electrónico, hay que comprobar si admiten regulación de flujo. En el mercado existen algunos transformadores de este tipo que ofrecen regulación mediante un potenciómetro externo conectado a dos de sus terminales.



↑ **Figura 9.32.** Esquemas de regulación para lámparas incandescentes, por potenciómetro y por pulsadores. Esquema de regulación de lámparas halógenas de 12 V por interruptor.



↑ **Figura 9.30.** Lámpara led.



↑ **Figura 9.31.** Pastilla reguladora mediante pulsadores.



↑ **Figura 9.33.** Pastilla reguladora mediante interruptores.



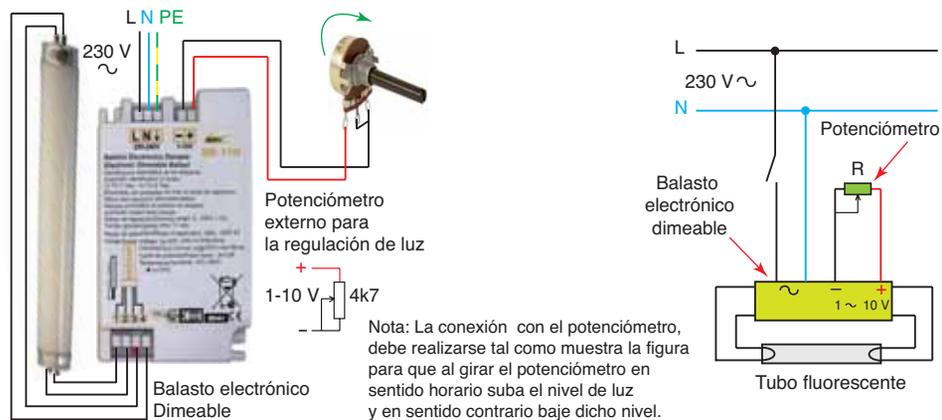
3.2. Regulación del flujo luminoso en lámparas fluorescentes

Este sistema requiere un balasto electrónico específico que incluye una línea de control de 1 a 10 V_{CC} 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.

saber más

Existen sistemas de regulación más sofisticados que incluyen una central de control. Ésta recoge los niveles de iluminación mediante sensores, permitiendo regular del nivel de luz de forma programada.

El protocolo de comunicación más extendido para este sistema es el denominado DALÍ.



↑ Figura 9.34. Esquema de conexión de regulación de fluorescentes.

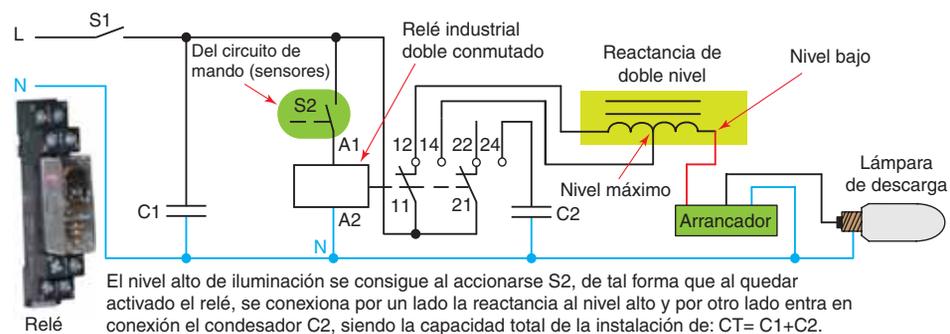
3.3. Regulación del flujo en lámparas de alta intensidad

saber más

Algunas lámparas de alta intensidad incorporan un circuito temporizador que transcurrido el tiempo programado, cambia automáticamente al modo de potencia reducida. Estos equipos están previstos para instalaciones existentes, o nuevas en las que se quiere instalar reactancias de doble nivel de potencia y no existe la línea de mando.

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.

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 9.35. Esquema de conexión de una reactancia de doble nivel.



3.4. Regulación del flujo con lámparas led

En las lámparas led la **tensión de alimentación debe mantenerse estabilizada** para mantener constante su potencia. Un aumento de la tensión provoca una situación peligrosa, ya que puede originar la destrucción del LED; mientras que una disminución de tensión ofrece una potencia que es desproporcionadamente inferior (para una reducción de la tensión nominal del 10%, la potencia disminuye un 30%). Por tanto, no suele regularse el flujo de este tipo de lámparas, si bien sí se da en alumbrados decorativos mediante la técnica denominada RGB.

Cuando se quiere obtener distintas potencias lumínicas, dada la baja potencia de estas lámparas, se recurre al apagado y encendido alterno de los diferentes puntos de luz mediante el uso de varios interruptores horarios de un canal o interruptores horarios de varios canales.

4. 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.

Nivel de iluminación: $E = \frac{\phi}{S}$ medido en Lux

Donde:

ϕ Es el flujo luminoso en lúmenes

S es la superficie en m²

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)	Tipo de actividad	E (Lux)
Zonas de circulación (pasillos)	50	Comercio tradicional	300
Zonas comunes (recepción, aseos, etc.)	100	Oficinas y salas de conferencias	450
Almacenes	150	Trabajos manuales ordinarios	500
Comedores	250	Grandes superficies, supermercados	700
Salas de estudio	300	Laboratorios	750
Bares y cafeterías	300	Trabajos de precisión	2.000

↑ **Tabla 9.2.** Niveles de iluminación **recomendados** según el tipo de local y actividad.

caso práctico inicial

Para alimentar las lámparas led, cuando se interrumpe el suministro, se necesita una batería cuyas características principales son su tensión nominal y su capacidad en Ah que nos indica las horas de autonomía en función de la intensidad de descarga.



↑ **Figura 9.36.** Interruptor horario de dos canales.

saber más

El sistema RGB (Red- Green-Blue) consiste en la mezcla de luz de LEDs de tres colores: rojo, verde y azul, controlados por medio de dispositivos específicos. Para aplicar esta técnica se dispone los LEDs rojos, verdes y azules integrados en una misma pastilla y se alimentan con una salida común para los tres, y otras tres salidas más, una para cada uno de ellos. Al regular la alimentación individual de cada LED, se obtiene una variada gama de colores



vocabulario

Luminaria es el conjunto de accesorios que acompañan a la lámpara o conjunto de lámparas. Entre éstos tiene gran relevancia en el diseño del alumbrado el elemento proyector y difusor de la luz.



↑ Figura 9.37. Luminarias.

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:

$$N = \frac{E \cdot S}{\phi_L \cdot \rho}$$

Donde las variables son:

E: Nivel de iluminación requerido para el local, según la actividad a realizar (tabla 9.2).

S: Superficie del local.

ϕ_L : Flujo luminoso emitido por 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.
- **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.

El factor de mantenimiento y el factor de depreciación del flujo, en ocasiones, se agrupan en un solo factor denominado **factor de conservación** que viene dado por el producto de ambos.

caso práctico inicial

Las dimensiones de cada pasillo del hotel son 60 m de largo, 3 m de ancho y 2,80 m de alto. El alumbrado está compuesto por 20 focos halógenos dicróicos de 12 V/50 W empotrados en el techo, cuya eficacia luminosa es de 20 W/lm. Teniendo en cuenta estos datos y que nivel de iluminación medido con luxómetro a 0,85 m del suelo es de 90 lux, el rendimiento lumínico de la instalación será:

$$\phi_L = 50 \text{ W} \cdot 20 \text{ lm/W} = 1.000 \text{ lm}$$

$$S = 60 \cdot 3 = 180 \text{ m}^2$$

$$\rho = (E \cdot S) / (\phi_L \cdot N)$$

$$\rho = (90 \cdot 180) / (1000 \cdot 20) = 0,81$$



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 de ρ vendrá dado por la expresión:

$$\rho = \text{Factor de utilización} \cdot \text{Factor de mantenimiento} \cdot \text{Factor de depreciación del flujo}$$

EJEMPLO

Un instalador debe realizar el alumbrado de un aula informática cuyas dimensiones son de $15 \times 5 \times 3$ m. El alumbrado se realizará con lámparas fluorescentes de 2×36 W que tienen un flujo luminoso según el fabricante de 2.500 lm. Se emplearán luminarias con sistema de iluminación directo. Las paredes y techo son blancas, y el plano de trabajo (mesa del alumno) es de 80 cm. El nivel de iluminación exigido es de 350 lux.

Solución

El flujo queda: $\phi = E \cdot S = 350 \cdot 75 = 26.250$ lm; ahora bien, tenemos en cuenta la altura, color de paredes (muy claro), techo (muy claro), suelo (claro) y altura del plano del trabajo, de forma que calculamos su *índice local* K como:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{15 \cdot 5}{(3 - 0,8)(15 + 5)} = 1,7 \rightarrow 2$$

Por tanto, el factor de utilización lo obtenemos de la tabla 9.3, siendo éste para valores de 0,8 - 0,8 - 0,3 de **0,9**. Así mismo, teniendo en cuenta un **factor de conservación** de **0,7** por envejecimiento de las lámparas y ensuciamiento por el polvo, obtenemos un número total de lámparas de:

$$\Phi_{\text{TOTAL}} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Factor de utilización} \cdot \text{Factor de conservación}} = \frac{26.250}{0,9 \cdot 0,7} = 41.666 \text{ lm}$$

Siendo el número de lámparas de:

$$N = \frac{41.666 \text{ lm}}{2.500 \text{ lm/lámpara}} = 16 \rightarrow 8 \text{ luminarias con 2 tubos de 36 W cada una.}$$

Reparto luminoso	Coeficiente de reflexión	Techo	0,8	0,5	0,8	0,5	0,3
		Pared	0,8 0,5 0,3	0,5 0,3	0,8 0,5 0,3	0,5 0,3	0,3
		Suelo	0,3		0,1		
 Luminaria Directo	Indice local K	0,6	0,51 0,30 0,22	0,26 0,21	0,48 0,29 0,23	0,26 0,21	0,20
	0,8	0,62 0,36 0,29	0,34 0,27	0,58 0,35 0,30	0,33 0,27	0,26	
	1	0,70 0,43 0,35	0,39 0,32	0,64 0,41 0,35	0,38 0,31	0,30	
	1,25	0,66 0,50 0,41	0,44 0,37	0,70 0,48 0,40	0,43 0,36	0,34	
	1,5	0,82 0,56 0,47	0,48 0,42	0,74 0,54 0,45	0,47 0,40	0,37	
	2	0,90 0,65 0,55	0,55 0,48	0,79 0,61 0,54	0,53 0,47	0,42	
	2,5	0,95 0,72 0,62	0,60 0,53	0,83 0,67 0,60	0,57 0,51	0,46	
	3	0,99 0,77 0,62	0,64 0,57	0,85 0,71 0,65	0,60 0,55	0,50	
4	1,04 0,86 0,77	0,70 0,63	0,87 0,76 0,71	0,65 0,60	0,55		
5	1,07 0,91 0,84	0,73 0,67	0,90 0,80 0,75	0,68 0,64	0,58		

↑ Tabla 9.3.



↑ Figura 9.38. 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.



ACTIVIDADES FINALES

- 1. En las características de las lámparas de bajo consumo aparece normalmente la potencia de la lámpara y la potencia de lámpara incandescente estándar que produce el mismo flujo luminoso. Basándose en las características de ambas lámparas, calcular la potencia de la lámpara incandescente estándar que suministra el mismo flujo luminoso que una lámpara de bajo consumo de 18 W. (Utiliza la tabla-resumen).
- 2. Calcula la potencia de una lámpara incandescente halógena que suministra el mismo flujo que un tubo fluorescente de 36 W. (Utiliza la tabla-resumen).
- 3. En la cocina de una vivienda se duda si instalar una pantalla de 2 tubos fluorescentes de 36 W con balasto electrónico o lámparas halógenas de 12 V/50 W. Para realizar un estudio detallado debemos responder a los siguientes apartados:
 - a) ¿Cuántas lámparas halógenas de 12 V/50 W suministran el mismo flujo luminoso que los dos tubos fluorescentes de 36 W?
 - b) ¿Cuál es el gasto energético anual (1.500 horas) de ambas opciones?
 - c) ¿Cuál es la vida útil de ambas opciones?

$$\Phi_f = 2 \cdot 36 \text{ W} \cdot 110 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 7.920 \text{ lm} \quad N_H = \frac{7.920 \text{ lm}}{50 \text{ W} \cdot 20 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 7,92 \rightarrow 8 \text{ lámparas halógenas}$$

$$\text{Gasto}_f = 2 \cdot \frac{36 \text{ W}}{1.000} \cdot 1.500 \text{ h} \cdot 0,12 \text{ €} = 12,96 \text{ €} \quad \text{Gasto}_H = 8 \cdot \frac{50 \text{ W}}{1.000} \cdot 1.500 \text{ h} \cdot 0,12 \text{ €} = 72 \text{ €}$$

La vida útil de los fluorescentes es de 8.500 horas, mientras que la de los halógenos es 2.500 horas.

Por tanto, es más ventajosa la instalación de tubos fluorescentes. La única ventaja que aportarían las lámparas halógenas es su mayor IRC que, en el caso de una cocina, no es de gran importancia. La inversión inicial sería algo superior para la instalación fluorescente, pero como demuestran los resultados, se amortizaría en un corto periodo de tiempo

- 4. Un pintor artístico desea pintar cuadros en la vía pública en horario nocturno durante 4 horas diarias aproximadamente. Encarga a un electricista la realización de un sistema de alumbrado que no precise conectarse a la red eléctrica y suministre el mismo flujo luminoso que dos lámparas incandescentes reflectoras de 230 V/60 W. También requiere que la batería tenga al menos una autonomía de 7 días. Estudiada la propuesta, y dado que precisa una batería de 12 V y un inversor 12 VCC/230 VAC, los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación serían los siguientes:

$$\Phi_{inc.} = 2 \cdot 60 \text{ W} \cdot 12 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 1.440 \text{ W}$$

Con lámparas de bajo consumo de 230 V, la potencia necesaria sería:

$$P = \frac{1.440 \text{ lm}}{60 \frac{\text{lm}}{\text{W}}} = 24 \text{ W} \rightarrow 2 \text{ lámparas de 12 W}$$

La intensidad consumida por ambas lámparas será:

$$I = \frac{24 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 0,104 \text{ A}$$



La capacidad del acumulador de 12 V sería:

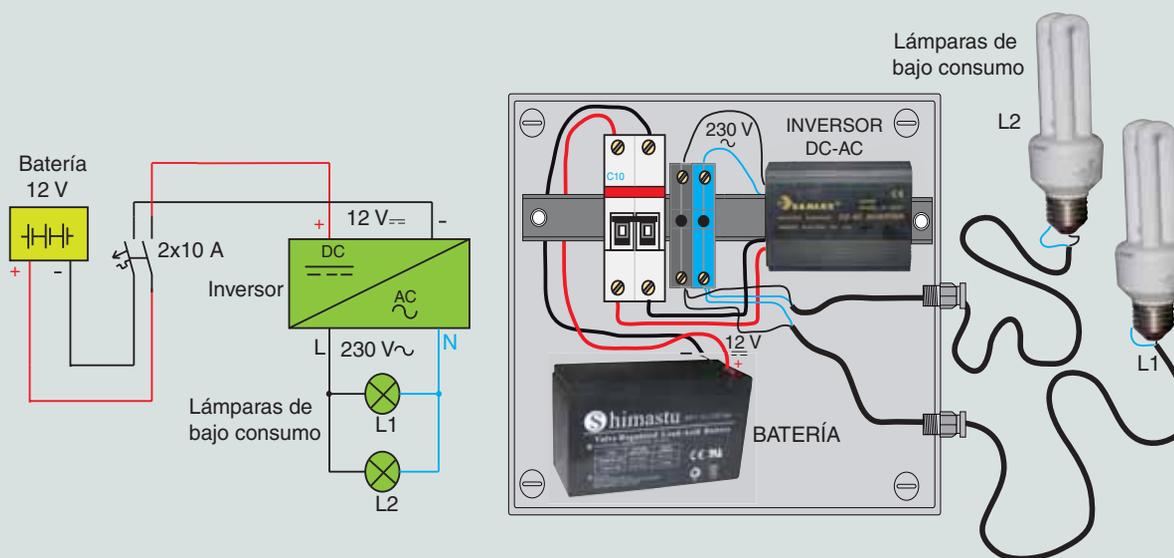
$$Q = 0,104 \text{ A} \cdot 4 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 7 \text{ días} = 2,926 \text{ Ah}$$

A esta capacidad habría que añadir el consumo propio del inversor, que en el peor de los casos es del 12%, además de un porcentaje del 40% por reserva de carga del acumulador. El acumulador resultante cumple:

$$Q = 2,926 \text{ Ah} \cdot 1,12 \cdot 1,40 = 4,915 \text{ Ah}$$

Por tanto con una **batería plomo-acido de 12 V/7 Ah**, (1,5 kg aprox.) y un **inversor 12 VCC/ 230 VAC, 50 W** la instalación quedaría sobredimensionada.

Realiza el montaje de la instalación según se muestra en la figura.



↑ **Figura 9.39.** Esquema eléctrico y de montaje del sistema de iluminación mediante batería-inversor.

- 5. Repite la actividad nº 4. Si se desea, emplear lámparas Led de 12 VAC/5 W.
- 6. Realizar el montaje eléctrico de una pantalla fluorescente 2 x 36 W de 230 V de acuerdo con el esquema de la figura 9.11 (lámparas, reactancias y cebadores) respondiendo a los siguientes apartados:
 - a) Mide la tensión de trabajo de las lámparas.
 - b) Mide la tensión e intensidad de alimentación.
 - c) Conecta un condensador de 6 μF y repite los apartados anteriores.
 - d) Deduce la relación (coeficiente) entre la potencia aparente absorbida y la potencia nominal de las lámparas en ambos casos (con condensador y sin condensador).
 - e) Con la pantalla funcionando desconecta el cebador y comprueba su funcionamiento.
 - f) Sustituye el cebador por otro de rango máximo 20 W y comprueba su funcionamiento.

Teniendo en cuenta el coeficiente obtenido con condensador instalado ($\cos \varphi = 0,95$), calcula la sección de los conductores y protecciones de una línea monofásica de 40 m a 230 V para alimentar 60 pantallas de las mismas características.

Nota: Especifica los datos de la canalización si las pantallas van a ir instaladas en un falso techo.

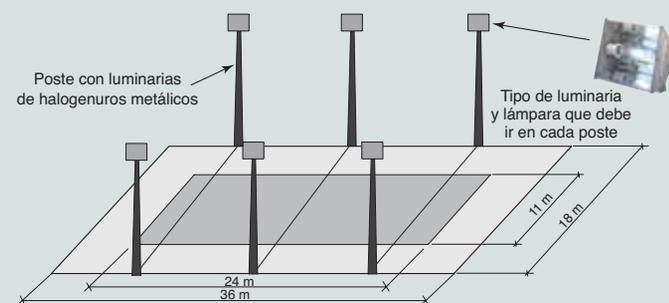


ACTIVIDADES FINALES (cont.)

- 7. 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 €).
- 8. Realizar el montaje eléctrico de una lámpara de **vapor de mercurio** de 230 V/125 W de acuerdo con el esquema de la figura 9.18 (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).
- 9. 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 fig. 9.22. Responde 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 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 la lámpara en los 3 casos (sin condensador, con condensador de 6 μF y con condensador de 13 μF).
- 10. Se desea iluminar una cancha deportiva cuyas dimensiones son de 24 x 11 m y cuyo perímetro está rodeado por una superficie, siendo el total de 36x18 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.
 - 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
1.000	80.000
2.000	210.000

↑ **Tabla 9.4.** 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, así como permite una buena calidad de iluminación para la realización de fotografías o retransmisiones deportivas.

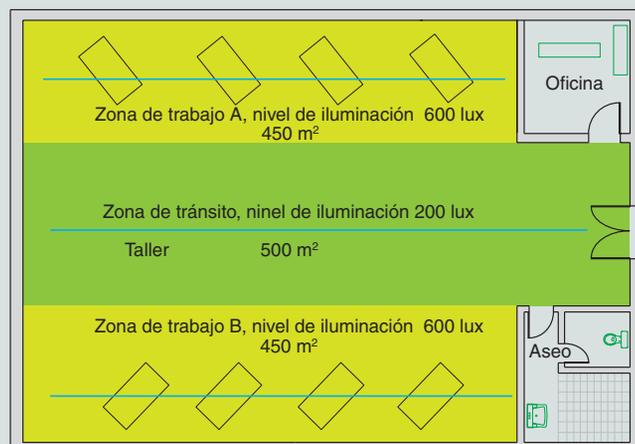
↑ **Figura 9.40.** Plano de ubicación de luminarias en la cancha deportiva.



- 11. 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 éste 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 **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 protecciones teniendo en cuenta que la distancia de todas las líneas es de 58 m.

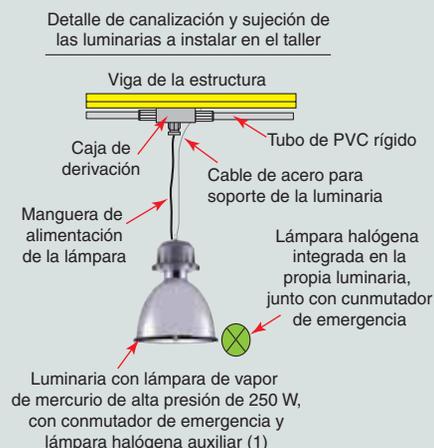
Nota: Se tendrá en cuenta un **factor de utilización de 0,47**, calculado en función de los colores de las paredes, techo y suelo, altura, etc., y un **factor de conservación de 0,68**, calculado teniendo en cuenta la pérdida de luz por envejecimiento de las lámparas y ensuciamiento por el polvo de ambiente.

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



(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 9.41.** Plano del taller de mecanizado.

entra en internet

- 12. A través del buscador web entra en la página de GEWISS, descarga su catálogo y encuentra una luminaria de las características requeridas en la actividad anterior, es decir, de 250 W con dispositivo de conmutación para lámpara halógena auxiliar, IP65, clase I. Comprueba además el tipo de casquillo y el precio.
- 13. A través de buscador web encuentra la página de LAYRTON y descarga información sobre sus equipos: reactivancias, equipos para doble nivel de potencia, arrancadores o ignitores y relés electrónicos de emergencia.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

MATERIAL

- Un interruptor automático de 2x10 A.
- Un diferencial 2x25 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 2x25 A/30 mA, fuente de alimentación 230 VAC/12 VCC, batería plomo-acido 12 V, contactores e interruptores horarios.
- Se instalarán 4 conductores (1 negativo y 3 positivos) para alimentar los 3 escalones 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:

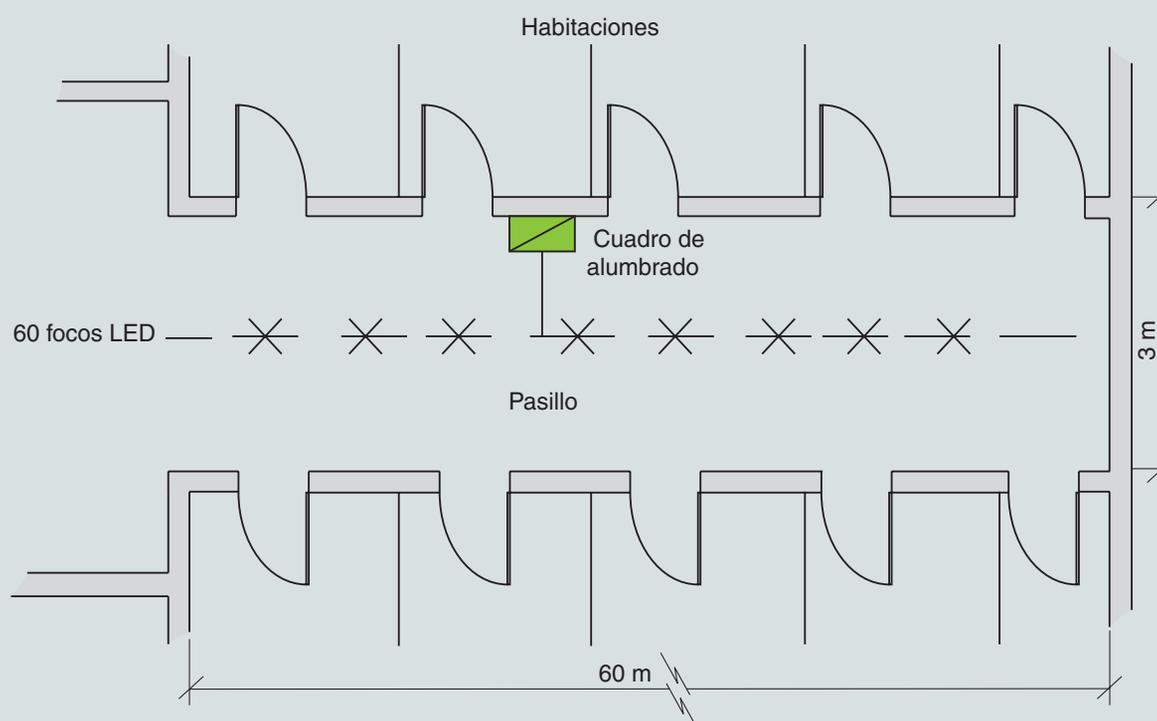
$$P_{\text{TOTAL}} = 20 \text{ lámparas} \rightarrow 4 \text{ W} \cdot 3 \text{ escalones} = 240 \text{ W}$$

$$\phi_{\text{TOTAL}} = 240 \text{ W} \cdot 90 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 21.600 \text{ lm}$$

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 21.600 lm.



El esquema de distribución en planta de la instalación es el de la figura:



↑ **Figura 9.42.** 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 **fente de alimentación sería 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:

$$\text{Gasto} = 0,05 \text{ kW} \cdot 20 \text{ focos} \cdot 24 \text{ horas} \cdot 365 \text{ días} \cdot 0,12 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1.051,2 \text{ €}$$

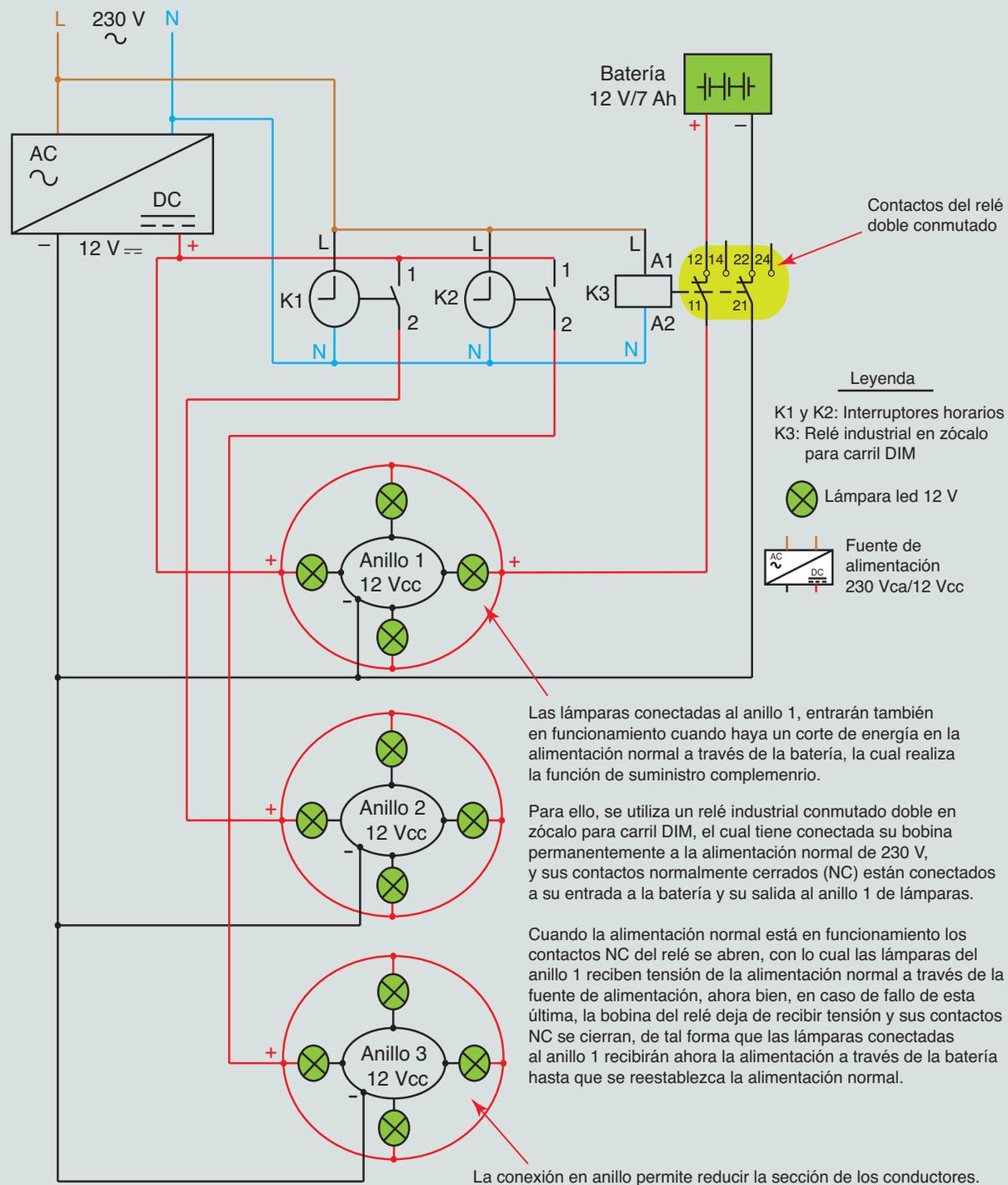
La instalación led con funcionamiento parcial en 3 tramos de potencia sería:

$$\text{Gasto} = (0,004 \text{ kW} \cdot 60 \text{ focos} \cdot 14 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \cdot 40 \text{ focos} \cdot 6 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \cdot 20 \text{ focos} \cdot 4 \text{ h}) \cdot 365 \text{ días} \cdot 0,12 \text{ €/kWh} = 203,3 \text{ €}$$

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 50.000 horas frente a 2.500 horas (se desprecian los gastos energéticos de los transformadores y de la fuente de alimentación).

PRÁCTICA PROFESIONAL 1 (cont.)

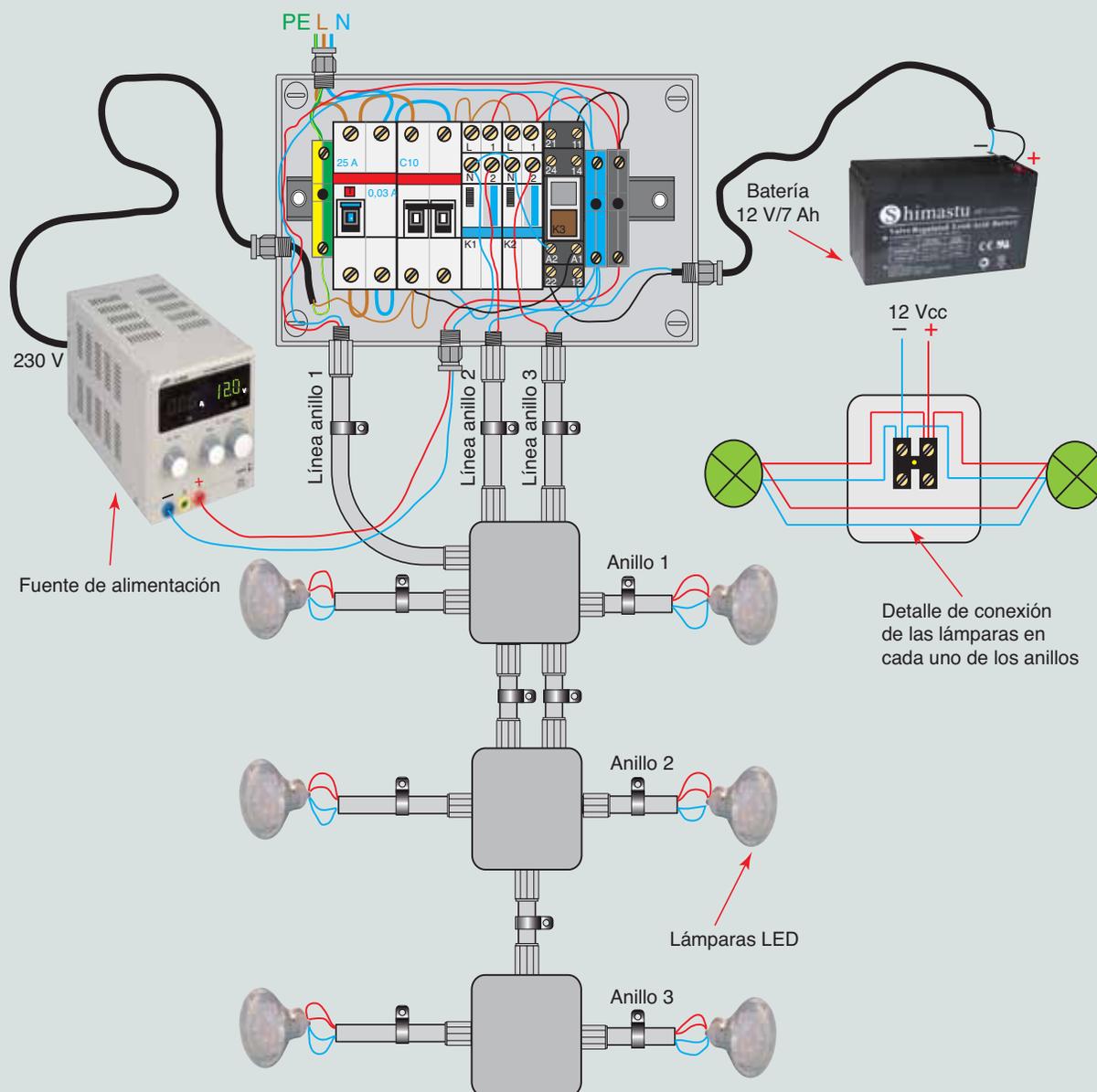
2. Realiza el esquema eléctrico de la instalación.



↑ **Figura 9.43.** 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 9.45 de la Práctica Profesional 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 9.44.** 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 plomo-acido 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 2

MATERIAL

- Un interruptor automático de 2x10 A, un diferencial 2x25 A/30 mA, un relé industrial de 230 V/10 A, un zócalo para carril DIM y un interruptor horario.
- Una lámpara de incandescencia de características 230 V/100 W, una lámpara halógena de 12 V con transformador, una lámpara fluorescente tubular 18 W, una reactancia electrónica dimeable para tubo 18 W, una lámpara de vapor de sodio de alta presión de 100 W/230 V, reactancia de doble nivel y arrancador.
- Una pastilla reguladora mediante pulsador y una pastilla reguladora mediante interruptor.
- Dos condensadores de 8 y 13 μF .
- Un pulsador, dos interruptores, un potenciómetro de 4k7, canaleta 10x15, cables, cajas de registro, bornes de conexión, portalámparas, casquillos, etc.

Relé auxiliar o industrial conmutado doble en zócalo para carril DIM

Contactos 11 y 21 comunes

Contacto 14 y 24 (NA) Normalmente abiertos

Zócalo para alojar relés en carril DIM

Relé 230 V/10 A

Contactos A1, A2

Contactos 12 y 22 (NC) Normalmente cerrados

En reposo (sin tensión en la bobina del relé) se encuentran conectados el contacto 11 con el 12 y el contacto 21 con el 22, cuando se activa la bobina a través de sus contactos A1 y A2, el relé conmuta conectando el contacto 11 con el 14 y el contacto 21 con el 24.

↑ **Figura 9.45.** Relé industrial conmutado doble.

Fabricación de un expositor de lámparas con diferentes tipos de regulación y control

OBJETIVO

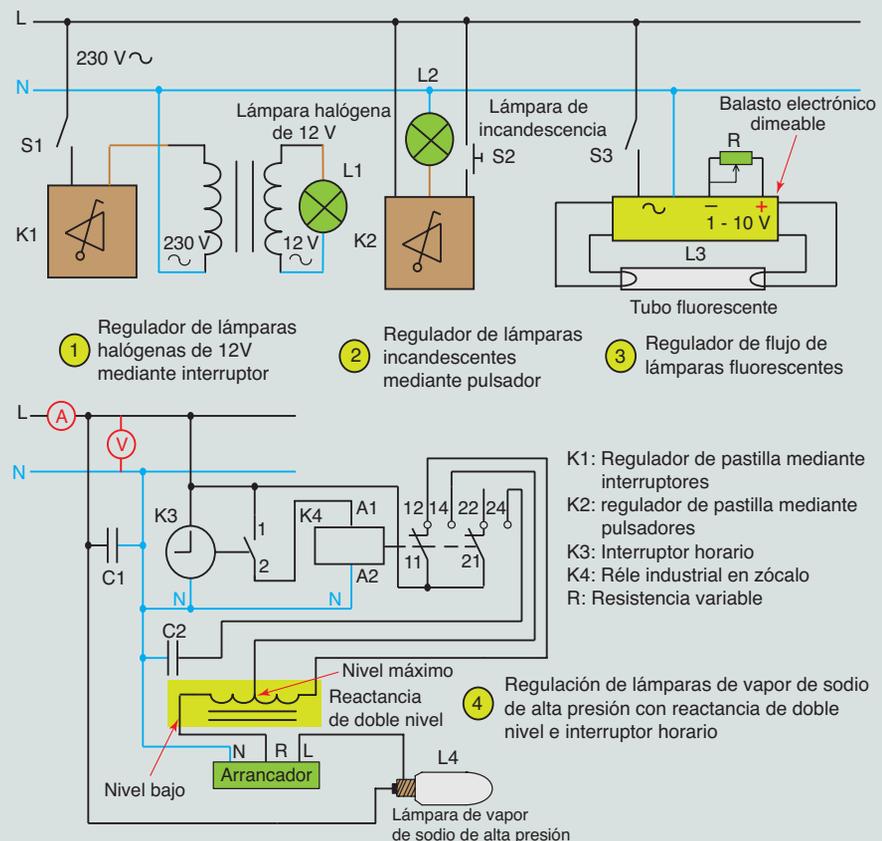
Realizar el montaje de los diversos tipos de regulación de flujo luminoso que admiten las diferentes lámparas.

DESARROLLO

Los montajes a realizar serán los siguientes:

- Lámpara halógena de 12 V con transformador regulada mediante interruptor.
- Lámpara incandescente regulada mediante pulsador.
- Lámpara fluorescente tubular regulada mediante potenciómetro.
- Lámpara vapor de sodio alta presión regulada con reactancia de doble nivel mediante interruptor horario.

1. Representa el esquema multifilar de la instalación.



↑ **Figura 9.46.** Esquema multifilar de la instalación.

- Realiza el montaje de la instalación según se muestra en la figura 9.47 y acciona los pulsadores, el interruptor, el potenciómetro, el interruptor horario y comprueba el funcionamiento.
- Mide la tensión e intensidad de alimentación con nivel alto de potencia de la lámpara VSAP y deduce la relación (coeficiente) entre la potencia aparente absorbida y la potencia nominal de la lámpara, calculando la sección y protección de una línea de 120 m, 230/400 V para alimentar 18 lámparas de las mismas características, activándose automáticamente al anochecer mediante un interruptor crepuscular.

Nota: Especifica los datos de la canalización, si las luminarias van a ir instaladas en la fachada de una urbanización y representa el esquema eléctrico correspondiente si el mando se realiza de forma centralizada.

Las lecturas obtenidas con niveles de potencia máximo son: $V = 224 \text{ V}$; $I = 1,2 \text{ A}$; $S = 224 \text{ V} \cdot 0,68 = 152,3 \text{ VA}$.

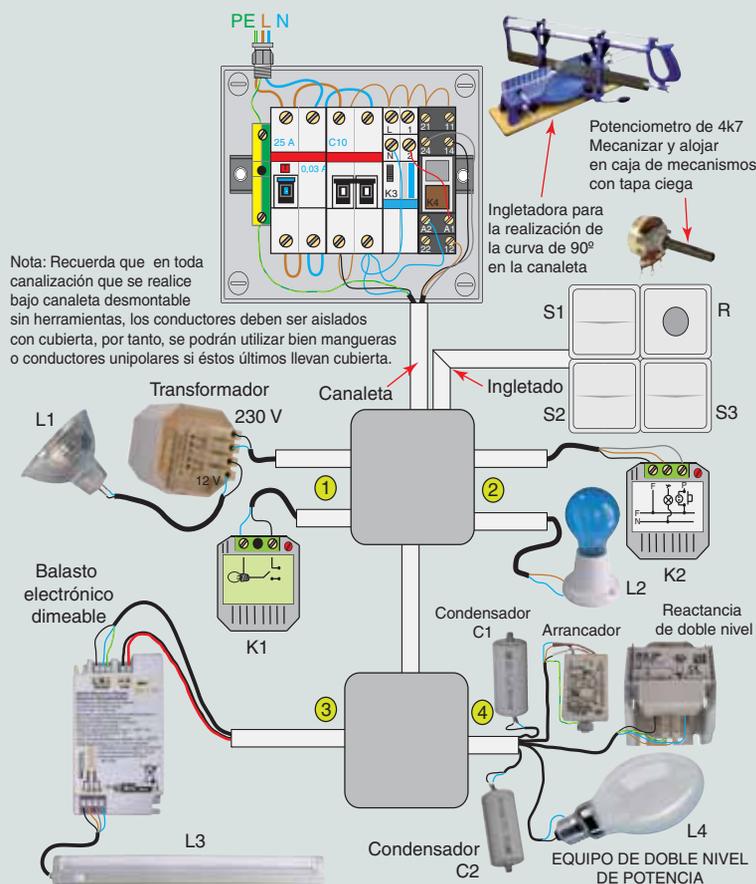
Por tanto: $K = S/P_{\text{lámpara}} = 152,3/100 = 1,52$, que como observamos es inferior a 1,8 pero superior al valor recomendado por la GUIA-BT 09 ($K = 1,16$ para equipos estándar).

La potencia total de la instalación será (con $\cos \varphi$ mejorado a 0,95 según fabricante):

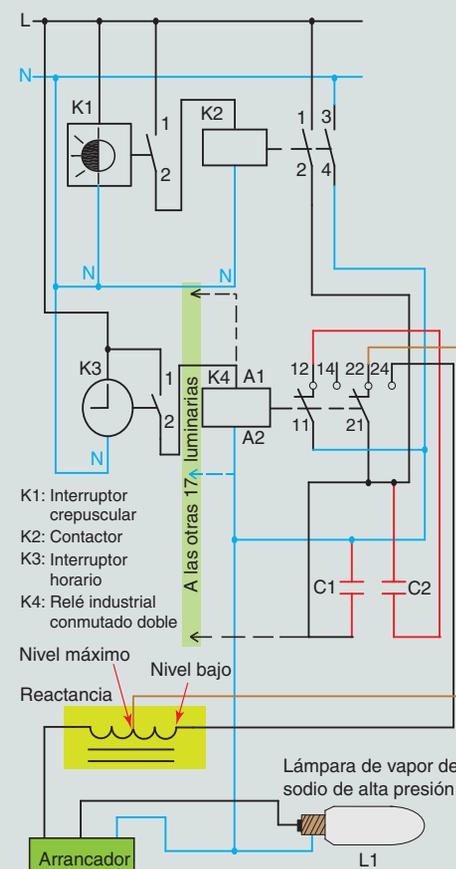
$$P = 18 \text{ lámparas} \cdot 152,3 \text{ VA} \cdot 0,95 = 2.604 \text{ W} \quad I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{2.604}{230 \cdot 0,95} = 12 \text{ A}$$

$$S = \frac{120 \text{ m} \cdot 2.604 \text{ W}}{56 \cdot 6,9 \text{ V} \cdot 230 \text{ V}} = 3,51 \text{ mm}^2$$

Se emplearán 2 cables + tierra de 4 mm^2 tipo H07VV-K (conductor de cobre clase 5 con aislamiento y cubierta de PVC), 2 cables de mando de $2,5 \text{ mm}^2$, todos ellos bajo tubo no propagador de llama de diámetro 20 mm (según ITC-BT-21). Con protección magnetotérmica de 20 A. El esquema multifilar se representa en la figura 9.48.



↑ Figura 9.47. Esquema de montaje.



↑ Figura 9.48.



MUNDO TÉCNICO

Tabla resumen de características de las lámparas

CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS						
TIPO DE LAMPARA	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	(IRC)	VIDA ÚTIL (horas)	TIEMPO ENC/REN (min)	EQUIPO DE ARRANQUE/POSICION DE TRABAJO	GAMA DE POTENCIAS Y APLICACIONES
INCANDESCENTE ESTÁNDAR	12	100	1 000	0	Directo/Cualquiera	25-500 W. Alumbrado doméstico. (previsto suspender su fabricación)
INCANDESCENTE HALOGENA	20	100	2 500	0	Directo o transformador/Horizontal	20-100 W (6,12 V) 60-2 000 W (230 V). Alumbrado doméstico, decorativo y de proyección
FLUORESCENTE ESTÁNDAR	80	80	8 000	0	Reactancia con cebador/Cualquiera	18-65 W. Alumbrado doméstico, oficinas garajes, hospitales, superficies comerciales con techos bajos y locales de reunión en general.
FLUORESCENTE A. ELECTRONICO	105	80	8 500	0	Reactancia electrónica/Cualquiera	18- 65 W. Las mismas que el fluorescente estándar.
FLUORESCENTE COMPACTA	60	85	5 500	0	Directo, según modelos/Cualquiera	6-25 W. Alumbrado doméstico, pequeño comercio y zonas de tránsito interiores.
VAPOR DE MERCURIO	60	60	12 000	5/6	Reactancia/Cualquiera	50-2 000 W. Alumbrado industrial, urbano, parques y jardines.
HALOGENURO METALICO	100	95	8 000	3/6	Reactancia y arrancador/ Según modelo: cualquiera u horizontal	70-3 500 W. Alumbrado de proyección, retransmisiones deportivas de televisión, estudios de cine, grandes superficies comerciales, iluminación interior de escaparates.
VAPOR DE SODIO A.P.	120	25	15 000	8/1	Reactancia y arrancador/Cualquiera	35-1 000 W. Estacionamientos abiertos, carreteras, apoyo a otro tipo de lámparas en alumbrado ornamental.
VAPOR DE SODIO B.P.	170	0	12 000	15/3	Autotransformador/ Horizontal	18-180 W. Túneles, polígonos industriales, puertos, autopistas
LUZ MEZCLA	28	60	6 000	0/3	Directo/Vertical $\pm 30^\circ$	160-500 W. Instalaciones provisionales. Venta ambulante, ferias.
LAMPARA INDUCCION	65	80	80 000	0/0	Generador alta frecuencia/Cualquiera	55-85 W. Lugares de difícil acceso como techos de gran altura, túneles etc.
LAMPARA LED	90	85	50 000	0/0	Directo o fuente alimentación/Cualquiera	1-9 W. Alumbrado de señalización y decorativo. Es previsible su futura utilización en las viviendas.

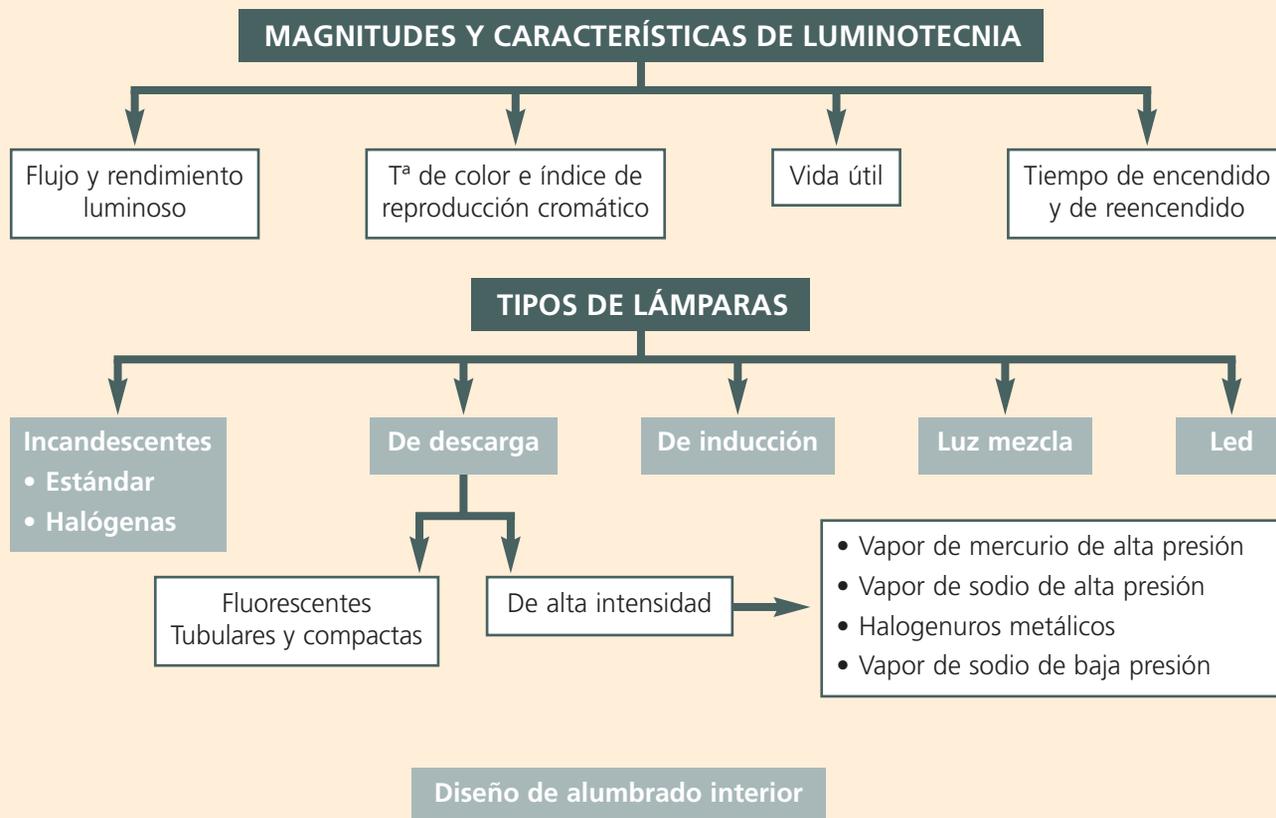
↑ **Tabla 9.5.** Características de las lámparas. (Los datos son orientativos, pues pueden variar en función del fabricante).

RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA Y FLUJO LUMINOSO EMITIDO EN DIFERENTES LÁMPARAS DE DESCARGA							
Fluorescentes		Vapor de mercurio		Vapor de sodio AP		Halogenuros metálicos	
Pot. (W)	Flujo (lm)	Pot. (W)	Flujo (lm)	Pot. (W)	Flujo (lm)	Pot. (W)	Flujo (lm)
18	1.000	125	6.300	150	14.500	150	13.800
32	2.000	250	13.000	250	27.000	250	2.000
36	2.500	400	22.000	400	47.000	400	33.000

↑ **Tabla 9.6.** Relación potencia flujo luminoso. (Los datos son orientativos, pues pueden variar en función del fabricante).



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

1. Señala en cada casilla un número de 1 a 7, siendo «7» la lámpara que mejores características presenta respecto a las unidades indicadas.

	Lm/W	IRC	Horas
Fluorescente estándar			
Vapor de sodio de alta presión			
Luz mezcla			
Fluorescente compacta			
Vapor de mercurio			
Led			
Halógena			

2. ¿Se debe regular el flujo de las lámparas de alta intensidad de 0 a 100%?
 a) Sí. b) No. c) Sólo a media y máxima potencia.

3. ¿Cuál de estas lámparas no admite cualquier posición de funcionamiento?

- a) Fluorescente compacta.
- b) Vapor de sodio BP.
- c) Vapor de mercurio.

4. ¿Cuál de estas lámparas posee reencendido instantáneo?

- a) Fluorescente electrónica.
- b) Vapor de sodio BP.
- c) Luz mezcla.

5. ¿Cuál es el equipo que acompaña a una lámpara de vapor de mercurio?

- a) Se conecta directamente a la red.
- b) Reactancia.
- c) Reactancia y arrancador.

10

Instalaciones eléctricas en industrias

vamos a conocer...

1. Suministro eléctrico en instalaciones industriales
2. Separación de circuitos y reparto de cargas
3. Cuadros secundarios, canalizaciones, clavijas y bases de corriente industriales

PRÁCTICA PROFESIONAL

Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas

MUNDO TÉCNICO

Baterías automáticas de condensadores para la mejora del factor de potencia

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 la instalación eléctrica para solucionar el caso práctico propuesto en esta unidad.



CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Un instalador electricista recibe el encargo de realizar una instalación eléctrica para una nave industrial de construcciones metálicas.

El instalador realiza una previsión de potencia en función de la maquinaria a instalar, dando como resultado una potencia mayor de 20 kW.

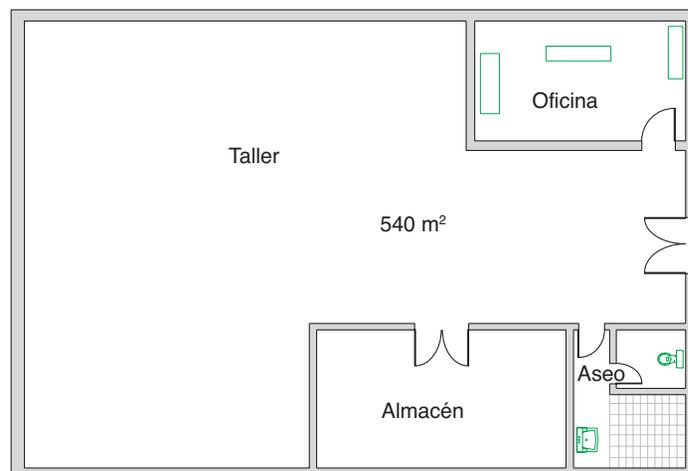
Consultando la tabla de la ITC-BT 03, la industria no está clasificada como un local especial, pero al tener una potencia mayor de 20 kW, la instalación necesita un proyecto inicial.

Teniendo en cuenta esto, y de mutuo acuerdo entre el propietario y el instalador, encargan la realización del proyecto a una oficina técnica.

Una vez realizado el proyecto, el instalador monta la instalación del taller de acuerdo a lo especificado en dicho proyecto.

Una vez terminada la obra el instalador realiza el certificado de la instalación para proceder a la puesta en marcha de la misma.

Finalmente, varios meses después de la puesta en marcha, el propietario decide instalar una nueva máquina de forma que el instalador debe realizar los cambios necesarios para dar suministro a dicha máquina.



↑ Figura 10.1. Plano del taller de construcciones metálicas.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

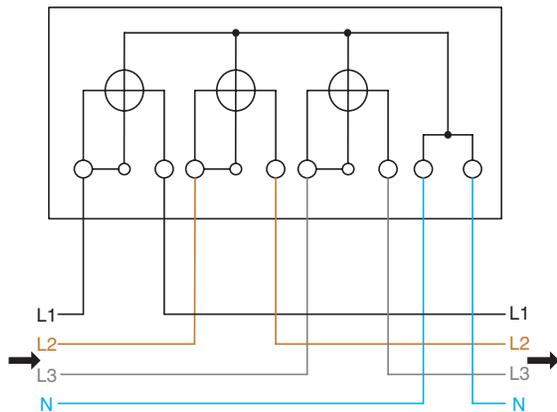
1. ¿Por qué crees que la compañía de distribución instalará un contador multifunción con medida de energía reactiva en el taller?
2. ¿Por qué crees que es importante que el sistema de alumbrado del taller esté repartido entre las diferentes fases?
3. Suponiendo que en la instalación del caso práctico inicial todos los receptores de un cuadro secundario se hubiesen conectado a un mismo diferencial, y un motor estuviese derivado a masa, ¿cuáles serían las consecuencias si los operarios del taller quisiesen utilizar un segundo receptor?
4. En caso de que el propietario de la nave industrial requiriese instalar nuevos equipos, nuevos cuadros o nuevas canalizaciones, junto con las ya existentes, suponiendo esto un aumento de potencia de un 30% de la inicialmente instalada, ¿sería necesario realizar un nuevo proyecto? (Consulta el punto 3.2 de la ITC-BT 03).
5. Debido a la actividad del taller, es posible que las vigas, puertas, rejillas, y demás materiales puedan apoyarse en las paredes. ¿Cuál sería el tipo de tubos más idóneo si éstos se ubican a una distancia del suelo de unos 2,5 m?



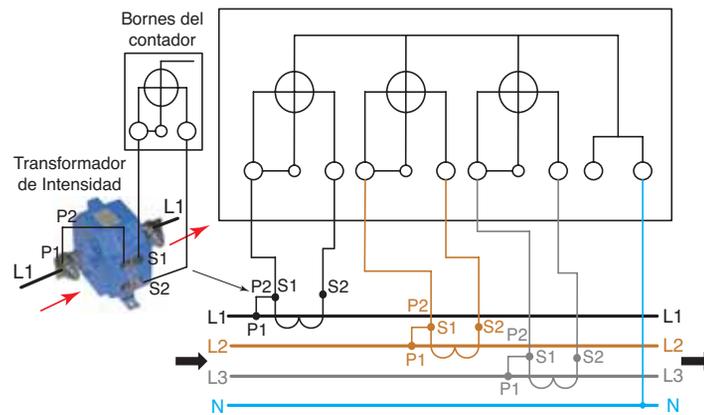
1. Suministro eléctrico en instalaciones industriales

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.

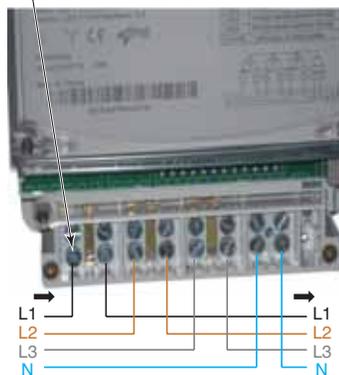


↑ Figura 10.2. Medida directa de energía.



↑ Figura 10.3. Medida indirecta de energía con transformador de intensidad.

Bornero de un contador electrónico multifunción.



↑ Figura 10.4. Detalle de conexión de medida directa en un contador trifásico electrónico multifunción.

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 10.5. Transformador de intensidad con primario bobinado.



↑ Figura 10.6. Transformador de intensidad de cable o barra pasante.



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.

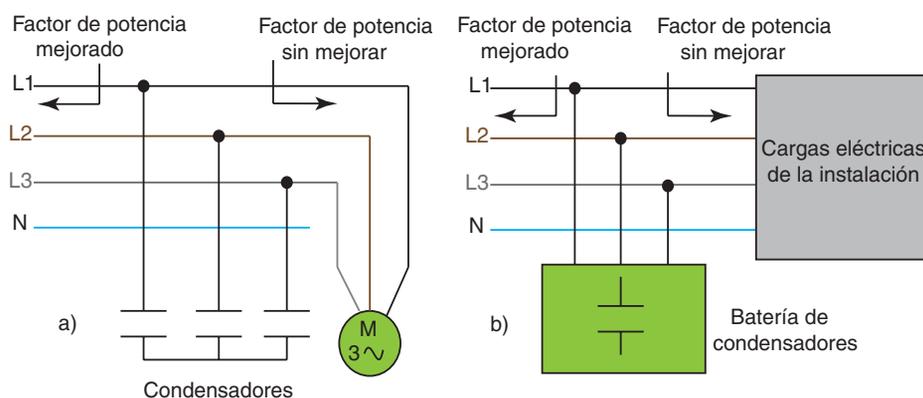
Cuando la red es privada, porque se alimenta de un centro de transformación de abonado o desde un generador propio (grupo electrógeno), se pueden escoger otros dos **sistemas de distribución denominados TN e IT** que están regulados en el **REBT ITC-BT 08**.

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, con lo cual 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 10.7.** 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 éstos antes que la carga para evitar la **autoexcitación del motor en vacío**.

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.

caso práctico inicial

El taller se alimenta de una red de distribución pública subterránea en baja tensión, por tanto el sistema de distribución es TT. Además al ser de pequeñas dimensiones, únicamente se realizará una compensación del factor de potencia de forma individual en cada luminaria mediante condensador.



2. Separación de circuitos y reparto de cargas

2.1. Separación de circuitos

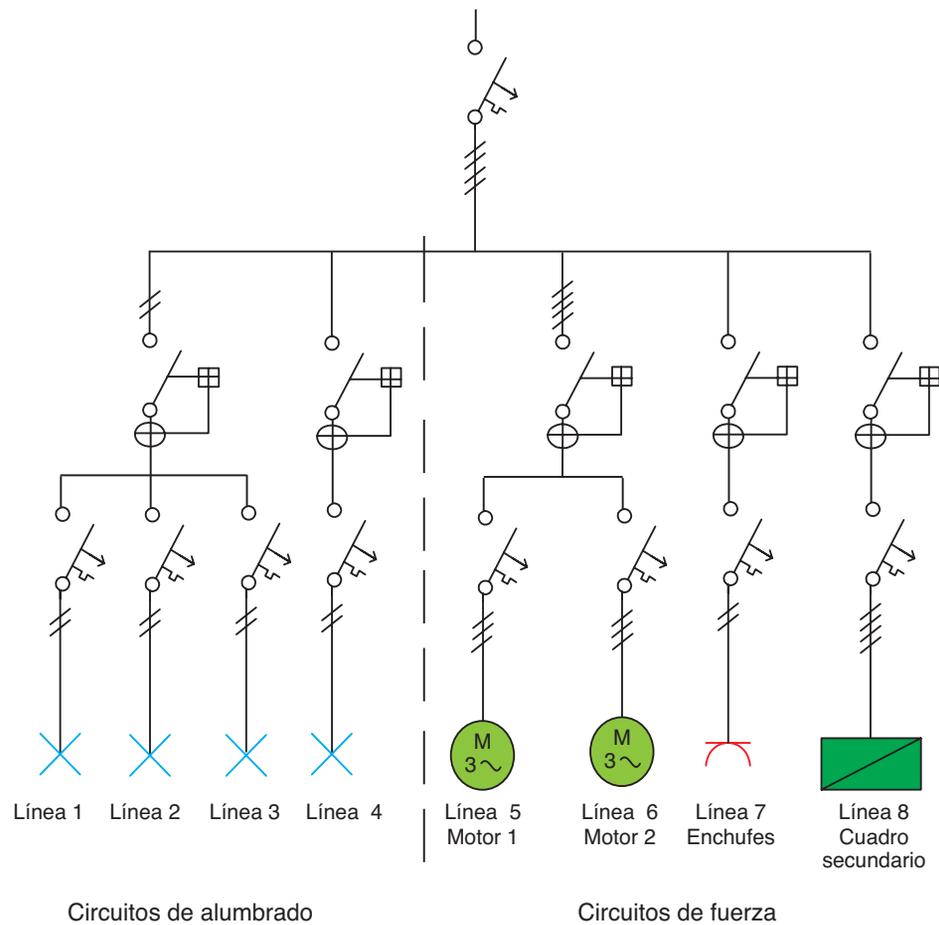
En cualquier tipo de instalación de interior es importante la separación de circuitos para que un fallo por sobrecarga, cortocircuito o derivaciones a masa de uno de ellos, no repercuta en el resto. En instalaciones industriales esto es aún más importante debido a las características de la misma, es decir, dentro de una industria existen receptores que no pueden verse afectados por el fallo de otros receptores cercanos, dado que esto puede dar lugar a una parada del proceso productivo que supondría grandes pérdidas económicas.

La separación de circuitos depende en este caso de la importancia de los receptores dentro del conjunto de la instalación, de forma que es necesario un estudio pormenorizado de cada uno de los circuitos para realizar dicha separación.

Toda instalación comienza en un cuadro general de distribución del cual partirán los diferentes circuitos destinados a alimentar los distintos receptores, bien de forma directa (las protecciones de estos receptores se encuentran en el cuadro general) o bien desde cuadros secundarios, desde donde nuevamente se realiza una separación de circuitos hasta los receptores.

caso práctico inicial

Una buena separación de circuitos evitará dejar fuera de funcionamiento receptores por fallos de sobrecarga o por derivaciones a masa producidos por otros aparatos.



↑ **Figura 10.8.** Separación de circuitos.



Si nos fijamos en el ejemplo de la figura 10.8, podemos ver las ventajas e inconvenientes de dicha distribución. Una de las ventajas es que todas las líneas están separadas por un interruptor automático independiente, de forma que un fallo de sobrecarga o cortocircuito en una de ellas únicamente desconectará la línea afectada sin dejar sin servicio a las demás. Y una derivación a masa en una de las líneas de cualquier línea de alumbrado no dejará sin servicio a los circuitos de fuerza, y viceversa.

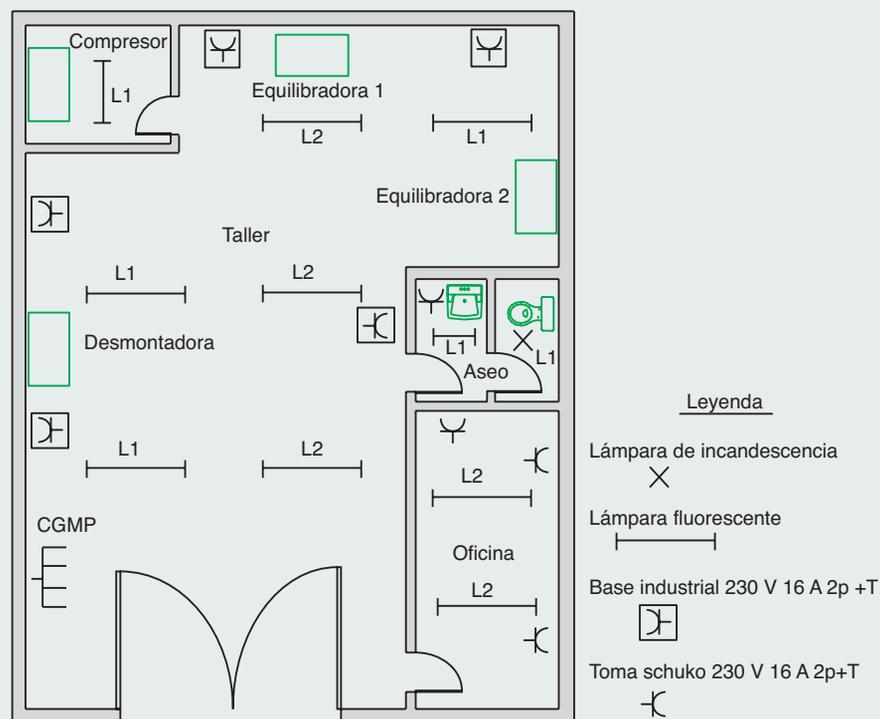
El inconveniente que puede presentar dicha instalación está en la agrupación de circuitos en un solo diferencial, es decir, las líneas de alumbrado 1, 2 y 3 se agrupan en un solo diferencial, esto provoca que una derivación a masa de cualquiera de ellas hará que el diferencial de su grupo desconecte la alimentación, produciéndose el apagón del alumbrado del resto de las líneas asociadas. Lo mismo ocurre con las líneas de fuerza 5 y 6, una derivación a masa de cualquiera de los motores dejaría sin servicio al otro.

Únicamente encontramos una separación total en las líneas 4, 7 y 8, en las cuales una sobreintensidad o una derivación a masa, nunca afectaría al resto de receptores.

Por tanto, la separación de circuitos debe realizarse teniendo en cuenta diversos factores, tales como evitar un corte general de todo el alumbrado, que los receptores de gran importancia en el proceso productivo no se vean afectados por el resto, etc. Esto requiere, no sólo un estudio de las necesidades y usos de los receptores, sino también de los dispositivos de protección (lo que ya conocemos como **selectividad**), es decir, en caso de fallo en un circuito, el dispositivo de protección afectado (y no el situado aguas arriba) es el que debe desconectar la alimentación.

EJEMPLO

La figura 10.9 representa la planta de un pequeño taller de reparación de neumáticos.



↑ Figura 10.9. Esquema topográfico del taller.



En el taller únicamente existen dos operarios, y los receptores son los siguientes:

Dos equilibradoras de ruedas	Trifásica
Una desmontadora de ruedas	Trifásica
Un compresor	Trifásico
Pequeña herramienta portátil	Monofásica
Iluminación	Monofásica
Tomas de corriente	Monofásica

Se pide diseñar el cuadro General de Mando y Protección con la separación de circuitos adecuada, teniendo en cuenta el uso de receptores y la actividad del taller.

Solución:

En primer lugar, se tendrá en cuenta que todas las máquinas pueden funcionar a la vez; al haber dos operarios ambos pueden estar usando las equilibradoras o bien una de las equilibradoras y la desmontadora.

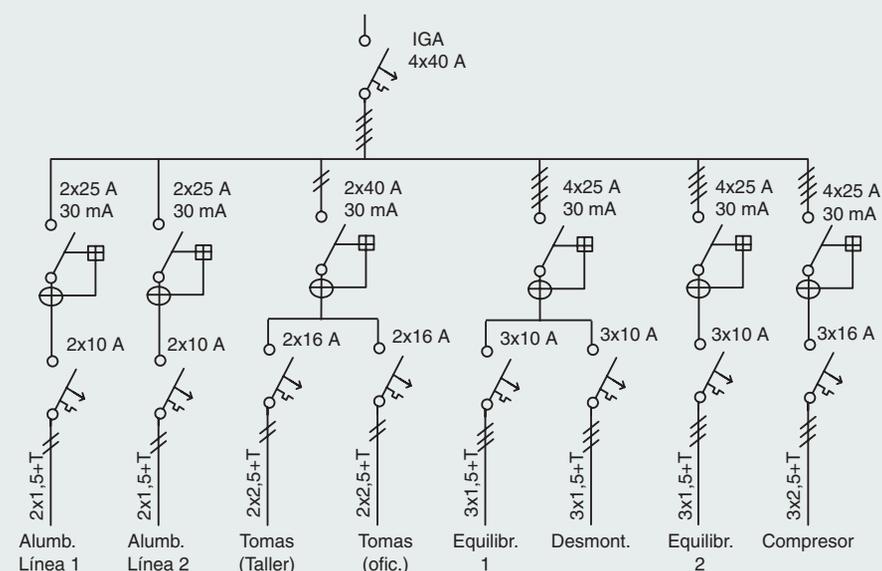
Por otro lado, el compresor estará en uso durante toda la actividad laboral.

Teniendo en cuenta esto, es evidente que la mayoría de las máquinas deben llevar su propio circuito con diferenciales independientes.

Por otro lado, las tomas de máquinas portátiles y las tomas monofásicas, debido a su menor grado de importancia en la actividad del taller, pueden estar separadas por diferentes circuitos, pero agrupados en un mismo diferencial.

En cuanto al alumbrado del taller es conveniente realizar una separación; en este caso al ser un número pequeño de lámparas, dos líneas serán suficientes. Cada una de ellas estará igualmente separada, tanto por automáticos como por diferenciales, de esta forma se evita que un fallo en una de las líneas de alumbrado, ya sea por sobreintensidad como por derivación, produzca un apagón general del taller, algo que afectaría a la actividad laboral.

El esquema unifilar del cuadro general de mando y protección sería el siguiente:



↑ Figura 10.10. Esquema unifilar del CGMP.

caso práctico inicial

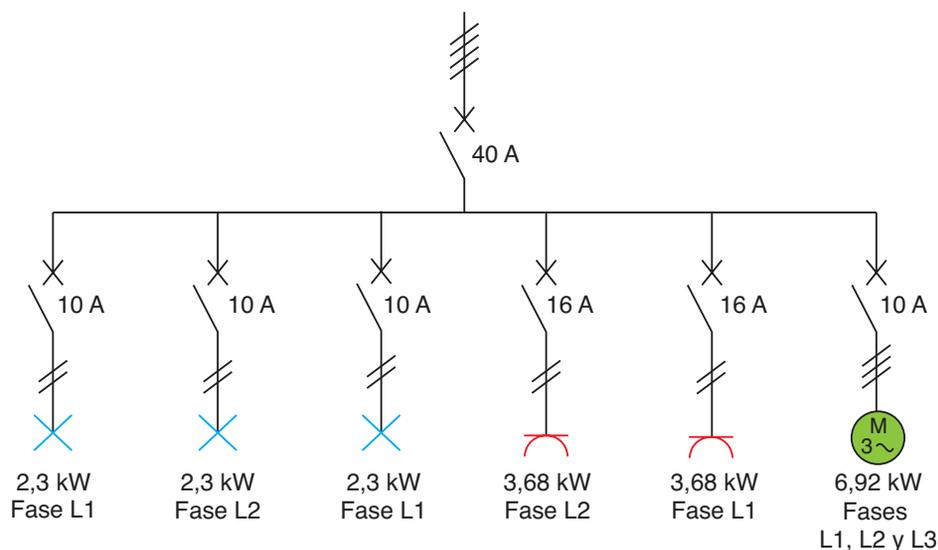
Para la el diseño de los cuadros de distribución se debe tener en cuenta el tipo de actividad del taller, número de operarios, etc. Pero, en cualquier caso, las máquinas importantes no pueden verse afectadas por el fallo de otros aparatos. Un ejemplo es el **grupo de soldadura** del taller, el cual tendrá su propio diferencial e interruptor automático. Además, en el cuadro general que alimenta al cuadro secundario donde se encuentran las protecciones de dicho aparato, el diferencial será **selectivo (tipo S)**.



2.2. 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 fundamental debido a que es donde encontramos fundamentalmente receptores tanto monofásicos como trifásicos.

Un mal diseño, donde una de las fases queda 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.



↑ **Figura 10.11.** Ejemplo de desequilibrio de cargas.

Los desequilibrios en sistemas trifásicos son producidos por las cargas monofásicas, tal como podemos ver en la figura 10.11. 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:

$$I = \frac{21.180}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 33,96 \text{ A, motivo por el cual el IGA será de } 40 \text{ A.}$$

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:

$$I_{L1} = 10 + 10 + 16 + 10 = 46 \text{ A}$$

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.

caso práctico inicial

En el taller de la industria de construcciones metálicas se repartirán tres líneas de alumbrado, conectando cada una de ellas a una fase diferente, de esta forma se consigue no sobrecargar ninguna de las fases.



caso práctico inicial

En el taller se instalarán tres cuadros secundarios con sus correspondientes protecciones que alimentan a los diferentes receptores, y en cada cuadro secundario se instalarán bases industriales empotrables trifásicas y/o monofásicas.

EJEMPLO

Un instalador debe realizar la instalación eléctrica de un taller dedicado a actividades de papelería, tales como encuadernación, plegado de planos, impresión gráfica, etc. Éste consta de un taller, una oficina, dos servicios y un almacén.

El suministro es trifásico a 400/230 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:

Receptores de fuerza	Potencia/Tensión
Una plegadora	2,5 kW, 400 V
Una plegadora de planos	0,5 kW, 230 V
Una encuadernadora-encoladora	1,5 kW, 400 V
Una máquina de impresión de placas	2,2 kW, 230 V
Una cortadora	2 kW, 400V
Una troqueladora	0,736 kW, 400V
Una prensadora	1,1 kW, 400 V
Una cizalla	1,5 kW, 400 V
Tomas de corriente para equipos informáticos	2,7 kW, 220 V
Tomas de corriente de uso general monofásicas	2,5 kW, 230 V

Receptores de alumbrado	Numero de lámparas y potencia
Taller	12 luminarias fluorescentes de 2x36 W
Oficina	4 luminarias fluorescentes de 2x36 W
Aseos	4 luminarias fluorescentes de 2x18 W
Almacén	3 luminarias fluorescentes de 2x36 W

Solución:

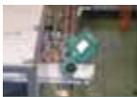
La potencia total del taller es la siguiente:

$$\begin{array}{r}
 \text{Fuerza:} \dots\dots\dots 17,23 \text{ kW} \\
 \text{Alumbrado:} \dots\dots\dots (1,512 \cdot 1,8) = 2,72 \text{ kW} \\
 \hline
 \text{Potencia total instalada} \dots\dots\dots 19,95 \text{ kW}
 \end{array}$$

La actividad del taller 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.



Se instalará una línea monofásica de fuerza, independiente para los equipos informáticos, y otro circuito de tomas monofásicas repartido por las diferentes estancias (oficina, aseos y almacén).

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:

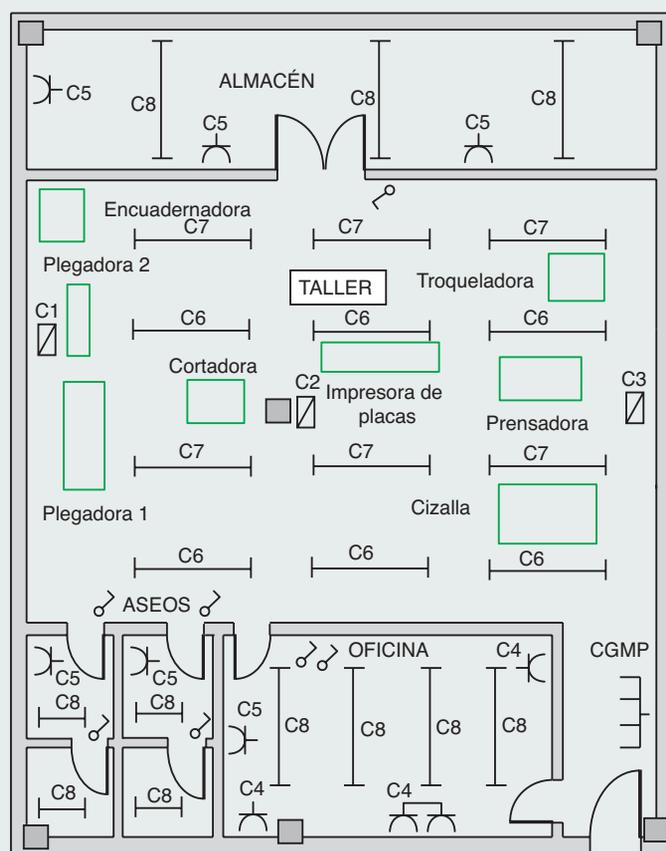
En función del estudio anterior los circuitos son los siguientes:

Circuito C1	Cuadro secundario 1
Circuito C2	Cuadro secundario 2
Circuito C3	Cuadro secundario 3
Circuito C4	Tomas de corriente para equipos informáticos
Circuito C5	Tomas monofásicas de uso general
Circuito C6	Línea 1 de alumbrado del taller
Circuito C7	Línea 2 de alumbrado del taller
Circuito C8	Alumbrado de oficina, aseos y almacén

recuerda

El coeficiente de simultaneidad tiene como objeto disminuir las secciones y protecciones de las líneas. Tiene sentido cuando en una instalación se prevé que no todos los receptores instalados vayan a requerir su máxima potencia en el mismo instante.

Esquema de distribución en planta:



↑ **Figura 10.12.** Esquema topográfico de la industria de artes gráficas.



recuerda

Cuando se agrupan varios circuitos en el mismo diferencial (ver figura 10.13), y éste se encuentra en serie con otros diferenciales, es conveniente que este diferencial sea del **tipo S (selectivo)**. De este modo se evita que una derivación a tierra de uno de los circuitos que agrupa pueda dejar sin servicio al resto de circuitos.

Secciones, protecciones y tubos:

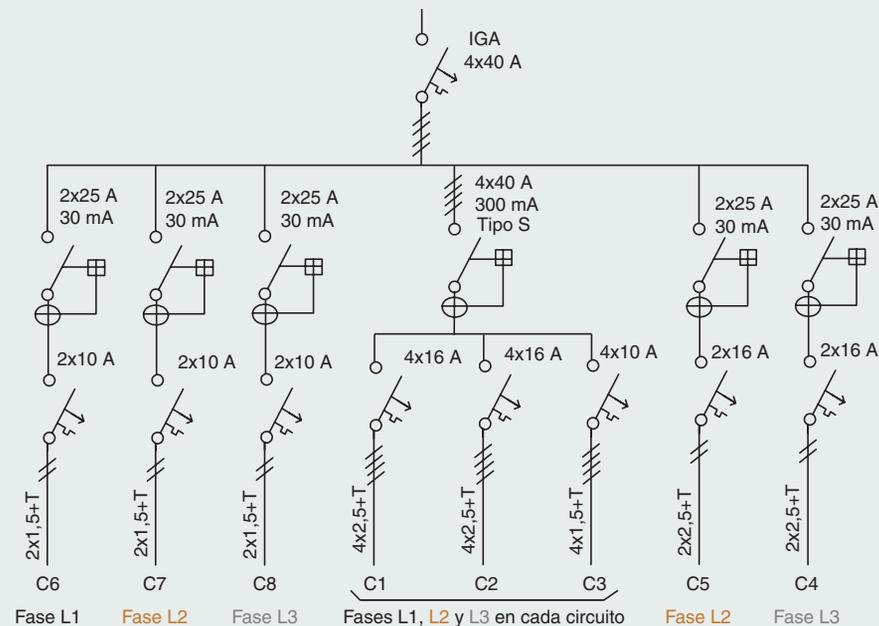
El esquema unifilar del cuadro general es el siguiente:

Circuito	Pot. ⁽¹⁾⁽²⁾ (W)	I (A)	L (m)	S ⁽³⁾ (mm ²)	Tubo mm	PIA (A)
C1	6.125	10,4	28	2,5	20	16
C2	5.750	10,37	17	2,5	20	16
C3	4.711	8	12	1,5	16	10
C4	2.700	11,73	10	2,5	16	16
C5	2.500	10,86	39	2,5	16	16
C6	777,6	3,75	34	1,5	16	10
C7	777,6	3,75	34	1,5	16	10
C8	1.166,4	5,63	38	1,5	16	10

⁽¹⁾ La potencia para los cuadros secundarios se calcula teniendo en cuenta que cada cuadro alimenta a varios motores, y según la ITC- BT 47 la sección se calcula como la suma de la potencia del mayor motor $\times 1,25$ más la potencia del resto de motores. Para el cálculo de intensidad se establece un f.d.p. de 0,85 para C1 y C3 y de 0,8 para C2.

⁽²⁾ A cada cuadro se le asigna una potencia adicional para tomas trifásicas y monofásicas de 1 kW.

⁽³⁾ Los conductores serán unipolares de tipo H07V-K, e irán bajo tubo rígido de PVC en montaje superficial.



↑ **Figura 10.13.** Esquema unifilar del CGMP.

ACTIVIDADES

- Realiza los cálculos necesarios y dibuja el esquema unifilar del CGMP de una panadería-pastelería, siendo sus receptores: dos amasadoras de 3 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,88$, $L = 18$ m, una fermentadora de 2,5 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,9$, $L = 20$ m, un horno de 5 kW, 400 V, $\cos \varphi = 1$, $L = 25$ m, tomas de corriente de 3,5 kW, 230 V, $\cos \varphi = 0,89$, $L = 30$ m, y alumbrado compuesto por 16 lámparas fluorescentes de 36 W cada una, $\cos \varphi = 0,9$, $L = 35$ m. Calcula igualmente la potencia total y la derivación individual si su longitud es de 12 m.



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 por tomas trifásicas o monofásicas para alimentar a otros posibles receptores, como aparatos móviles que pueden utilizarse desde cualquier punto. Cuando estos cuadros 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 la industria, la actividad que desempeñe, el tipo, número y consumo de receptores, etc.

Al instalar los diferentes cuadros de distribución se tendrá 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 en las zonas de trabajo de una industria que la canalización se realice bien bajo tubo en montaje superficial, bien en bandejas o incluso mediante conductores directamente fijados sobre paredes.

Estos tipos de canalizaciones, como sabemos, ofrecen grandes ventajas en cuanto al mantenimiento, reparaciones, detección de averías, cambio de conductores, etc., así como para el trazado de nuevas 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 bien 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., la ITC BT 29 en su punto 4.2 establece que los locales reflejados en cada tabla no tienen porque que-



↑ Figura 10.14. 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 10.15. 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 no sea la causante de una explosión o un incendio; medidas tales como la utilización de canalizaciones estancas, luminarias antideflagrante, etc.

dar siempre clasificados como de riesgo de incendio o explosión, debido a que éstos pueden ser desclasificados empleando medios adecuados para evitar dichos riesgos, como, por ejemplo, el empleo de sistemas de ventilación, sistemas de extracción de gases, polvos, etc.

- Cuando una instalación deba ser **estanca**, es decir, que debido a su actividad (ambientes polvorientos, húmedos, etc.), los medios de canalización deben 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, son muy empleadas en la industria 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, su forma constructiva, sus 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	Color	Tensión
Violeta	24 voltios (MBTS)	Azul	230 V
Blanco	De 42 a 50 voltios (MBTS)	Rojo	400 V
Amarillo	110 V	Negro	De 500 V a 750 V

↑ **Tabla 10.1.** Código de colores de las clavijas y bases industriales.

saber más

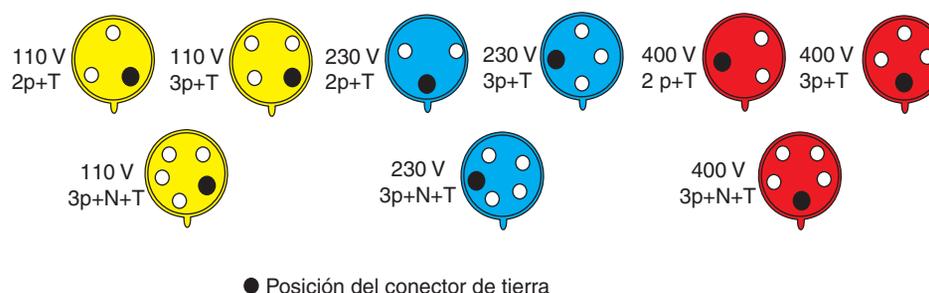
Las clavijas y bases industriales marcan como características principales, su intensidad, su tensión nominal y su posición horaria «h». Por ejemplo, para una clavija industrial **6h** indica que se trata de una clavija de 400 V de 3p+T o 3p+N+T, dado que la posición del borne de tierra está en la posición correspondiente a las 6 horas de un reloj. Para una clavija o base de 230 V 3p+T la designación sería **9h**.

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.

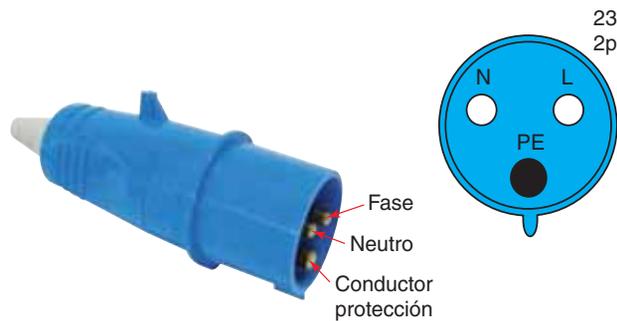


→ **Figura 10.16.** Disposición del contacto de protección de algunas clavijas y bases industriales.

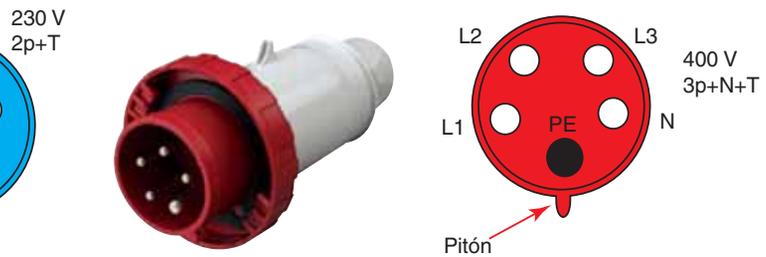


Forma constructiva y tipos de clavijas y bases industriales

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 ésta, el grado de protección impediría que los dedos pudieran tocar partes activas bajo tensión.



↑ Figura 10.17. Clavija industrial 230 V 2p+T.



↑ Figura 10.18. Clavija industrial 400 V 3p+N+T.

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 10.19. Base fija empotrable 400 V 3p+T.



↑ Figura 10.20. Base fija de pared 400 V 3p+T.



↑ Figura 10.21. Base móvil 230 V 2p+T.

caso práctico inicial

En el cuadro secundario del taller se instalarán bases fijas empotrables con el objeto de poder conectar a él otros receptores.

ACTIVIDADES

2. En una industria dedicada al procesado de madera (carpintería), en la cual, como es evidente, hay una gran cantidad de polvo derivado de las características del proceso productivo. Se pide:
 - a) Consultar la ITC BT 29 del REBT e indicar la clasificación de dicho local.
 - b) En la zona de procesado 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 mundo técnico de la unidad 6).
 - c) Dibuja el esquema unifilar de uno de los cuadros secundarios, el que alimenta una **regruesadora** de 3 CV, 400V, $\cos \varphi = 0,85$, una **tupi** de 2 CV, 400V, $\cos \varphi = 0,86$, y una **sierra de cinta** de 1 CV, 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.
 - d) Si las máquinas indicadas en el apartado anterior se alimentarán mediante mangueras, ¿qué accesorio emplearías para la acometida de los cables al cuadro secundario?



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. Como aplicación de las actividades 1 y 2 realiza el montaje para medir de forma indirecta la energía activa y reactiva de un motor trifásico del aula-taller.

Igualmente realiza la instalación de una batería de condensadores (conectada en estrella) para mejorar su factor de potencia de forma que se conecte 30 segundos después del arranque del motor y se desconecte otros 30 segundos antes que la parada del mismo.

Materiales:

- Un contador electrónico multifunción trifásico o, en su defecto, dos contadores: uno de activa y otro de reactiva.
- Tres transformadores de intensidad (TI), preferentemente con primario devanado y con una relación de transformación baja (por ejemplo 50/5 A).
- Un contactor para la activación del motor.
- Un contactor para la activación de la batería de condensadores.
- Tres condensadores de 12 $\mu\text{F}/250\text{ V}$ o similar.
- Un motor trifásico de la mayor potencia posible que permita el arranque directo. También podrían conectarse varios motores en paralelo.

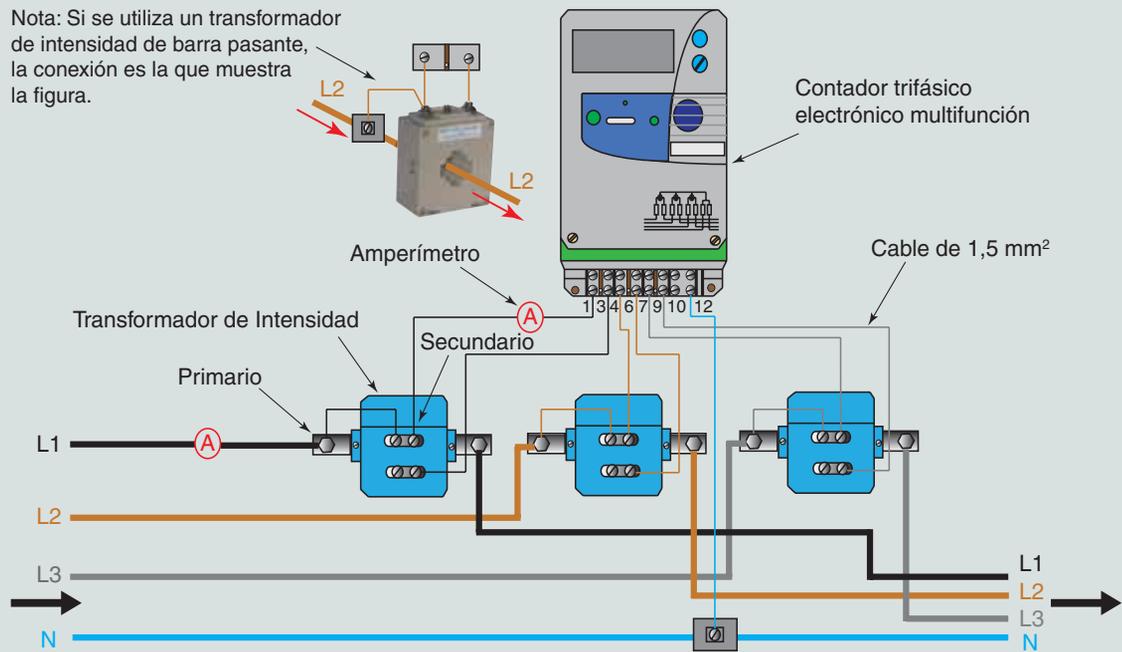
Una vez comprobado el funcionamiento del montaje, realiza las medidas necesarias y contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la reducción (en %) de intensidad al mejorar el factor de potencia?
2. Mide la intensidad que alimenta el equipo de medida y comprueba que se cumple la relación de transformación de los TI.
3. Compara la intensidad nominal del motor con la corriente que circula por la línea razonando el resultado.
4. Indica cómo afectaría al montaje si la batería se conectara entre la alimentación y el equipo de medida.
5. Conecta en paralelo, con cada condensador, otro de las mismas características y repite las medidas realizadas.
6. Si el suministro del taller es 230/400 V, ¿podrían conectarse los condensadores en triángulo?



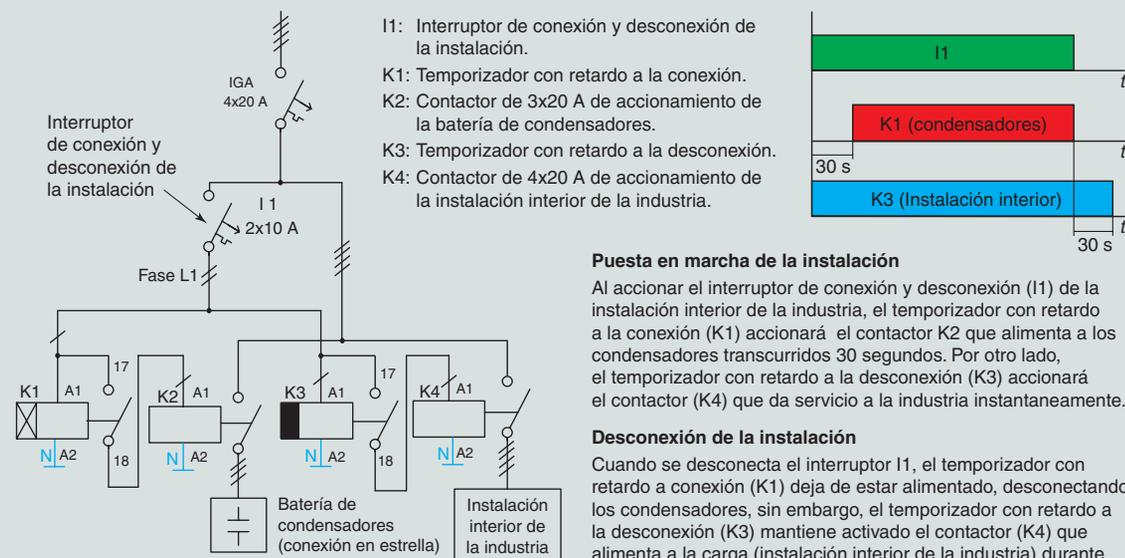
- Realiza el montaje del equipo de medida con transformadores de intensidad según muestra la figura.

Nota: Si se utiliza un transformador de intensidad de barra pasante, la conexión es la que muestra la figura.



↑ Figura 10.22. Montaje de medida indirecta con transformadores de intensidad.

- Dibuja el esquema unifilar de la instalación de corrección del factor de potencia en la instalación interior de la industria.



Nota: el contactor K4 que acciona la instalación interior de la industria, se sustituirá por uno de 3x20 A para el montaje práctico, debido a que la prueba se realizará con motores trifásicos.

Puesta en marcha de la instalación

Al accionar el interruptor de conexión y desconexión (I1) de la instalación interior de la industria, el temporizador con retardo a la conexión (K1) accionará el contactor K2 que alimenta a los condensadores transcurridos 30 segundos. Por otro lado, el temporizador con retardo a la desconexión (K3) accionará el contactor (K4) que da servicio a la industria instantáneamente.

Desconexión de la instalación

Cuando se desconecta el interruptor I1, el temporizador con retardo a conexión (K1) deja de estar alimentado, desconectando los condensadores, sin embargo, el temporizador con retardo a la desconexión (K3) mantiene activado el contactor (K4) que alimenta a la carga (instalación interior de la industria) durante un tiempo de 30 segundos adicionales.

Realizando este tipo de maniobra, se consigue que los condensadores se conecten con un retardo respecto de la carga y se desconecten antes que la carga.

↑ Figura 10.23. Esquema unifilar del sistema de control para la corrección del factor de potencia.

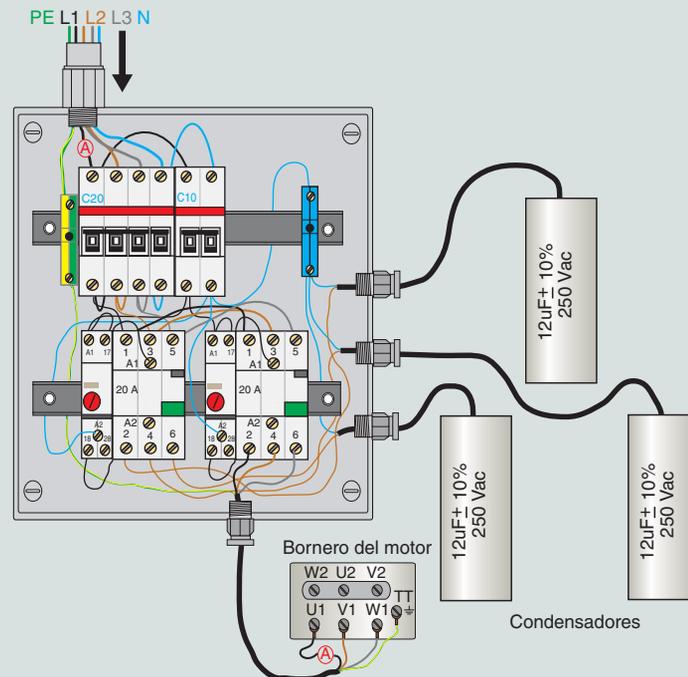


ACTIVIDADES FINALES (cont.)

- Realiza el montaje práctico de compensación de factor de potencia tal y como muestra la figura. Conéctalo a la instalación de medida que has realizado antes y realiza la medida de intensidad en los puntos indicados en ambas figuras de montaje.

Podrás comprobar lo siguiente:

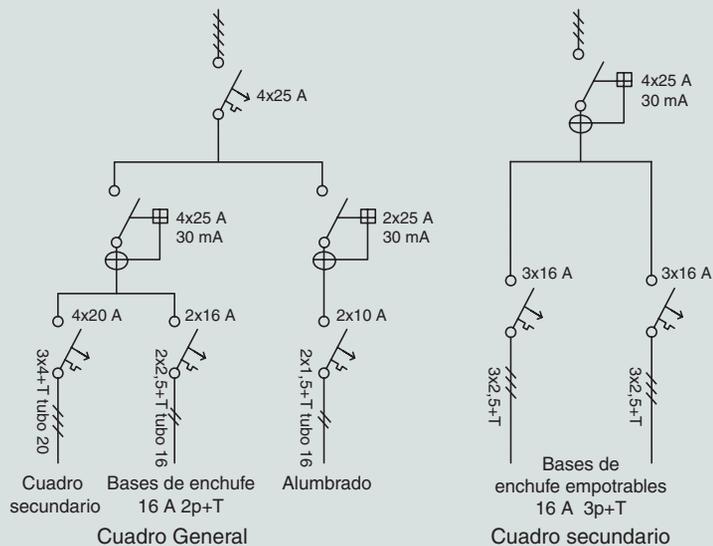
- En el montaje del equipo de medida la intensidad que recorre el contador es muy inferior a la de alimentación.
- En el montaje de corrección del factor de potencia mide en primer lugar en bornes del motor y seguidamente a la entrada de alimentación. Podrás comprobar que este último valor es menor que 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.



↑ Figura 10.24. Montaje para la corrección del factor de potencia.

- Sobre el panel de pruebas realiza el montaje de una canalización en una industria según se detalla a continuación:

- Realizar el montaje de un cuadro general del que parten tres canalizaciones en montaje superficial:
- Canalización que alimenta un cuadro secundario mediante tubo metálico rígido de 20 mm.
- Canalización que alimenta una base de enchufe doble con tomas schuko 16 A 2p+T mediante tubo de PVC rígido.
- Canalización de alumbrado mediante tubo de PVC rígido para alimentar dos luminarias.

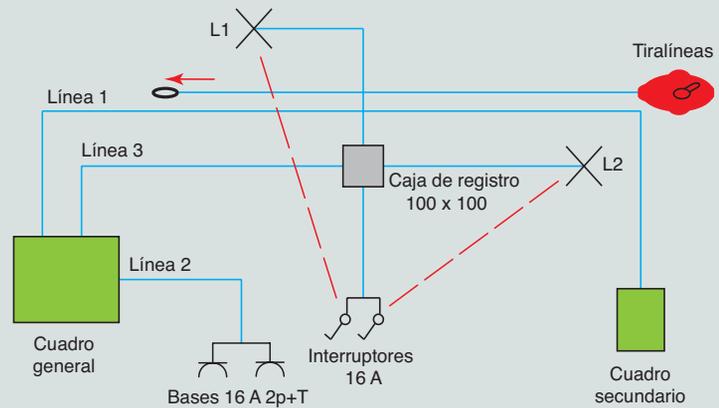


↑ Figura 10.25. Esquemas unifilares de la industria.

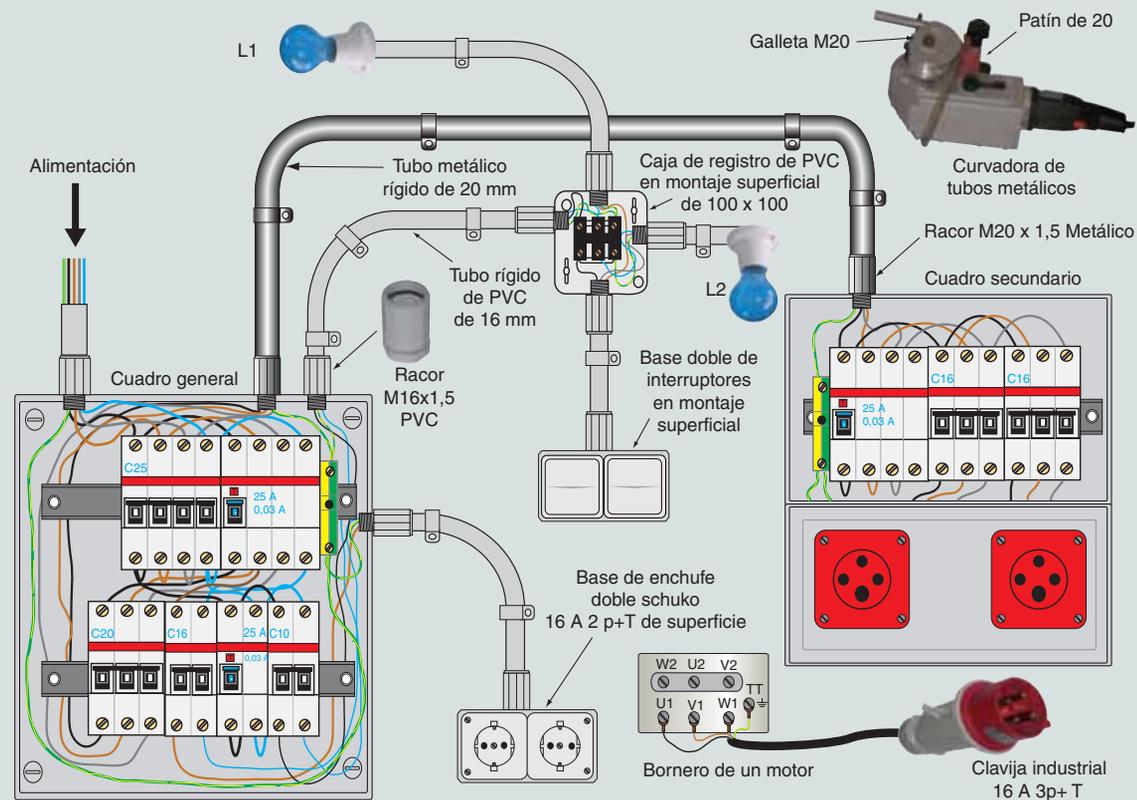
El esquema unifilar de ambos cuadros se muestra en la figura 10.25.

- El trazado de la instalación se realizará mediante tiralíneas trazador, siendo el esquema de dicho trazado el representado en la figura 10.26.
- Realiza el montaje de la canalización que has trazado, realizando las curvas necesarias según se muestra en la figura 10.26. Para realizar las curvas del tubo metálico, utiliza la curvadora de tubos que dispongas en el taller; mientras que para curvar los tubos de PVC, realiza un curvado en caliente mediante soplete o pistola de aire caliente.

- Realiza el montaje de ambos cuadros de tal forma que la entrada de los tubos a los mismos se realice con racores.
- Coloca dos bases industriales empotrables de 400 V 16 A-6h 3p+T en el cuadro secundario.
- Instala los dispositivos de protección correspondientes a cada uno de los cuadros y realiza las diferentes conexiones según se muestra en la figura 10.27.
- Realiza el conexionado de los dispositivos de protección, mecanismos y lámparas.
- Con una manguera tipo RV-K 0,6/1 kV 3G2,5 conecta en uno de sus extremos una clavija industrial de 400 V 16A-6h 3p+T, y en el otro extremo se conecta a un motor.
- Conecta el cuadro principal a la red de alimentación y prueba el funcionamiento de las lámparas. Comprueba también si hay tensión en las bases de corriente y enchufa la clavija industrial que has montado a una de las bases del cuadro secundario, así, accionando el interruptor automático correspondiente de la base a la que has conectado la clavija, se comprueba el funcionamiento del motor.



↑ Figura 10.26. Trazado de la canalización.

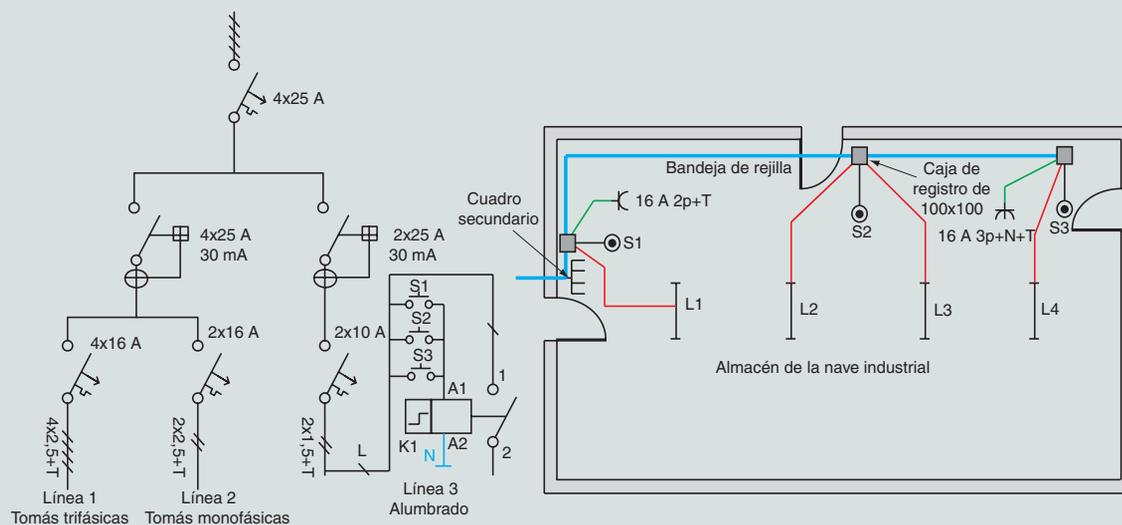


↑ Figura 10.27. Montaje de la instalación.



ACTIVIDADES FINALES (cont.)

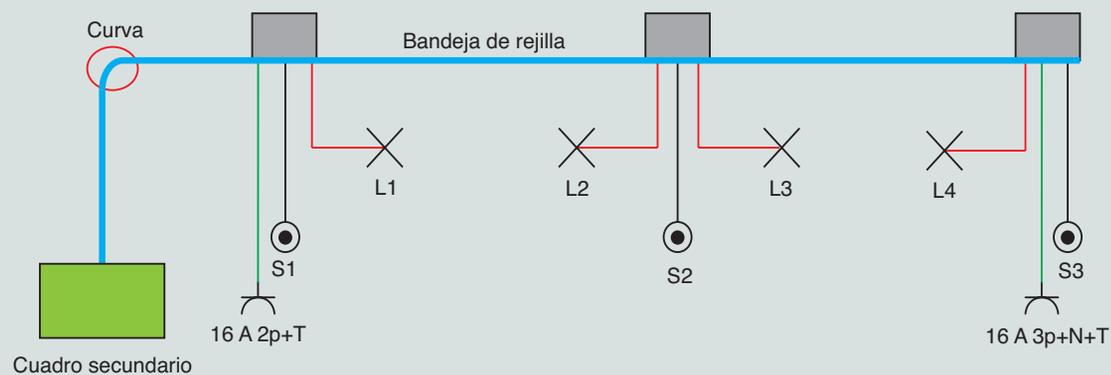
- 5. En el almacén de una nave de una industrial es necesario realizar una instalación con las siguientes características:
- A un cuadro secundario acomete una línea de alimentación en bandeja de rejilla, y dicha canalización recorre todo el almacén de la nave para alimentar las diferentes bases de corriente y el alumbrado del almacén.
 - Los circuitos que parten de dicho cuadro son tres: dos líneas de fuerza, una para las tomas de corriente monofásicas y otra para tomas trifásicas; la tercera línea se destina al alumbrado, compuesto por 4 luminarias de 2×36 W.
 - Las derivaciones hacia las tomas de fuerza y de alumbrado se realiza adosando sobre la bandeja las cajas de registro correspondiente.
 - El accionamiento de alumbrado en la nave se realiza desde varios puntos, utilizando pulsadores y un tecleruptor ubicado en el cuadro de distribución.
 - El esquema unifilar del cuadro secundario y el esquema de distribución se muestra en la siguiente figura.



↑ **Figura 10.28.** Esquema unifilar del cuadro secundario y esquema de distribución de la canalización.

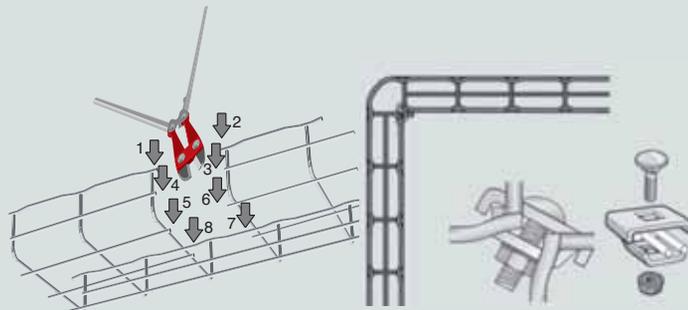
Conociendo el esquema de distribución y las características del cuadro, realiza lo siguiente:

- Dibuja sobre el panel de pruebas la canalización mostrada en la figura.

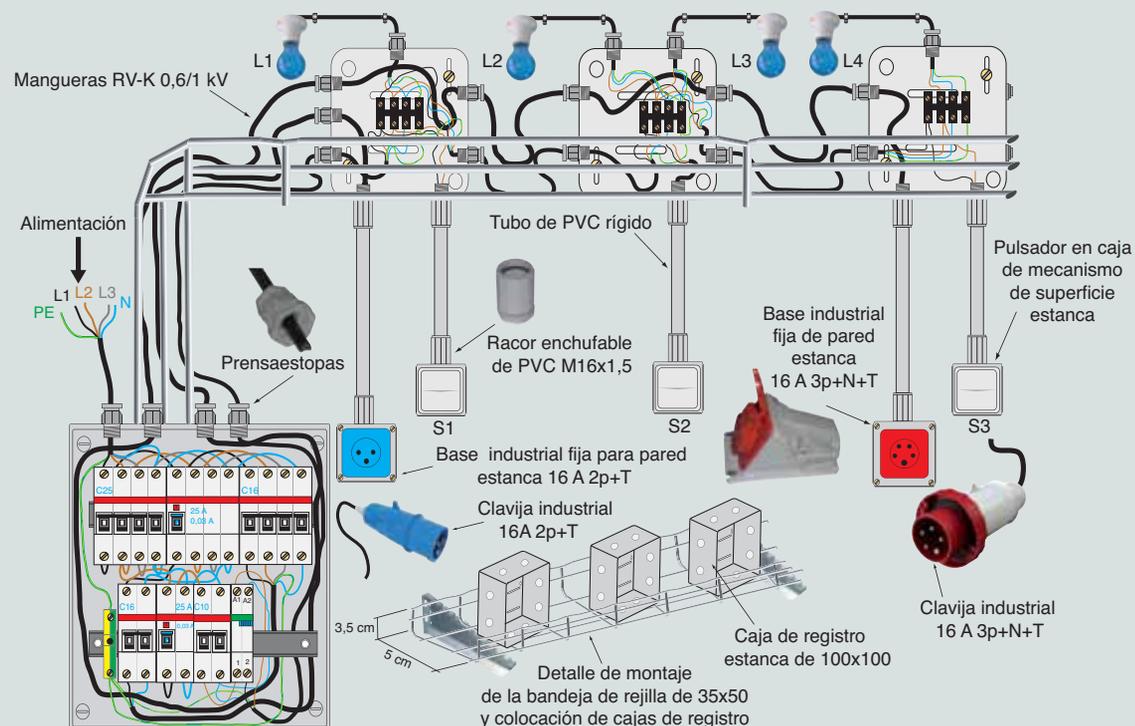


↑ **Figura 10.29.** Trazado de la canalización de la nave.

- Utiliza una pequeña bandeja de rejilla de 35 mm (alto) x 50 mm (ancho), creando una curva convexa de 90° para la bajante hasta el cuadro secundario, y realiza el corte de una unidad según se muestra en la imagen.
- Una vez realizado el corte, procede al doblado de la bandeja por el extremo no cortado creando un ángulo de 90° y une los extremos cortados mediante tornillo según se muestra en la figura anterior.
- Fija la bandeja sobre el panel de pruebas mediante soportes para pared.
- Ubica las diferentes cajas de registro de PVC de 100x100 sobre la bandeja.
- En cada caja, según corresponda, coloca un *prensaestopas* para la entrada de cable que se conectará a las lámparas, y un *racor enchufable* para la entrada de los tubos que irán a los pulsadores y a las bases de corriente.
- Fija los tubos de PVC rígido en montaje superficial y las mangueras correspondientes e instala las bases de corriente, los pulsadores, lámparas y cuadro de distribución.
- Finalmente, realiza el tendido de conductores sobre la bandeja sujetándolos en diferentes puntos con bridas de plástico. Realiza igualmente el tendido de conductores bajo los tubos, así como las conexiones en las cajas de registro y cuadro de distribución.



↑ Figura 10.30. Detalle de corte y doblado de la bandeja de rejilla.



↑ Figura 10.31. Montaje de la canalización y conexionado del almacén de la nave industrial.



PRÁCTICA PROFESIONAL

MATERIAL

- Para el cuadro general de mando y protección: un int. automático de 4×50 A, cuatro int. automáticos de 2×10 A, tres int. automáticos de 4×32 A, un int. automático de 2×16 A, dos diferenciales de 2×25 A/30 mA, un diferencial de 4×25 A/30 mA y un diferencial selectivo de 4×63 A/300 A.
- Para el cuadro secundario: un int. automático de 4×16 A, tres int. automáticos de 3×10 A, un int. automático de 2×16 A y un diferencial de 4×25 A/30 mA.
- Dos bases industriales empotrables de 230 V 16 A-6h 2p+T.
- Tres interruptores.
- Dos bases de enchufe de schuko de 16 A 2p+T.
- Lámparas y portalámparas.
- Tubo de PVC rígido y corrugado.
- Cable de diferentes secciones.
- Cajas de registro para montaje superficial.
- abrazaderas, regletas de conexión, etc.

Montaje de la instalación eléctrica en un taller de construcciones metálicas

OBJETIVO

Realizar el montaje de un pequeño taller de construcciones metálicas de 18 m de ancho x 30 m de largo x 8,5 m de altura, concebido para una oficina, un aseo, un almacén y la nave de taller.

DESARROLLO

Los datos de la instalación eléctrica son los siguientes:

- La instalación se alimenta a través de una línea de distribución subterránea de 400/230 V.
- La CGP se ubica a 6 m del equipo de medida y cuadro de distribución general de fuerza y alumbrado.
- Para el alumbrado de la nave se utilizarán lámparas de descarga de vapor de mercurio de 125 W y cuya canalización se realiza sobre el techo de la nave. En el punto donde se ubique cada luminaria se colocará una caja de registro en la que se realizarán las derivaciones hasta la lámpara correspondiente, conectando ésta a través de mangueras.
- El accionamiento de las lámparas de la nave se realiza a través de los propios interruptores automáticos que protegen a cada línea de alumbrado.
- El alumbrado de la oficina almacén y aseo se realizará con lámparas fluorescentes.
- Para los circuitos de fuerza se tendrán en cuenta los siguientes datos:

Máquina	Tensión	Potencia	cos φ	Cuadro
1: Sierra de cinta	400 V	1,5 kW	0,87	1
2: Tronzadora	400 V	5,5 CV	0,88	1
3: Soldadura de hilo	400 V	2 kW	0,9	1
4: Dos esmeriladoras	400 V	1 kW	0,85	3
5: Taladro de columna	400 V	1,2 kW	0,85	3
6: Grupo de soldadura eléctrica	400 V	6,6 kW	0,9	2
7: Curvadora	400 V	2 CV	0,87	2
8: Fresadora	400 V	1 CV	0,87	2

- Cada cuadro parcial tendrá 3.250 W de potencia adicionales destinado a las bases industriales empotrables monofásicas y/o trifásicas.
- Para la oficina, aseo y almacén se distribuirá un circuito monofásico (230 V) de 3680 W y $\cos \varphi = 1$.



1. Realiza una tabla con los cálculos justificativos de la instalación del cuadro general de mando y protección.

Denominación de la línea	III/II ⁽¹⁾	Tensión (V)	Potencia (W)	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección (mm ²) y aislamiento	c.d.t (%)	Canalización. Tipo de montaje y diámetro de tubos (mm)	Protección (A)
DI ⁽²⁾	III	230/400	26.880	10	45,66	RZ1-K 0,6/1 kV 1x10 (AS)	1,5	Tubo superf. 32	50
Alum. L1	II	230	1.125	45	5,43	H07V-K 1x1,5	3	Tubo superf. 16 ⁽³⁾	10
Alum. L2	II	230	900	48	4,34	H07V-K 1x1,5	3	Tubo superf. 16 ⁽³⁾	10
Alum. L3	II	230	900	45	4,34	H07V-K 1x1,5	3	Tubo superf. 16 ⁽³⁾	10
Alumbrado estancias	II	230	810	25	3,91	H07V-K 1x1,5	3	Tubo empotr. 16	10
CS1 ⁽⁴⁾	III	230/400	11.810	38	20,05	H07V-K 1x6	2,5 ⁽⁵⁾	Tubo superf. 25	32
CS2 ⁽⁴⁾	III	230/40	12.426	32	21,10	H07V-K 1x6	2,5 ⁽⁵⁾	Tubo superf. 25	32
CS3 ⁽⁴⁾	III	230/400	6.750	54	11,46	H07V-K 1x2,5	2,5 ⁽⁵⁾	Tubo superf. 20	16
Tomás monofásicas	II	230	3680	26	16	H07V-K 1x2,5	5	Tubo empotr. 20	16

⁽¹⁾ II: Monofásica. III: Trifásica.

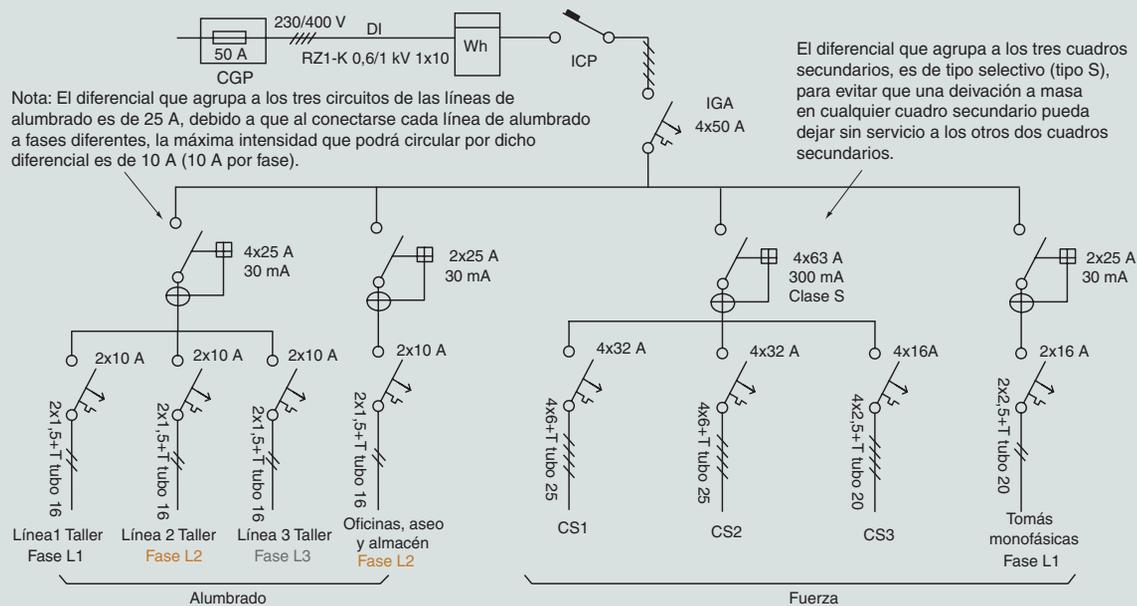
⁽²⁾ DI: Derivación individual. Para establecer la potencia de esta línea se calcula la suma total de toda la instalación del taller aplicándole un **factor de simultaneidad de 0,7** debido a que, por las características de trabajo, no es probable que todas las cargas estén funcionando a la vez y al máximo de potencia. La protección de esta línea será mediante fusibles que se ubicarán en la caja general de protección.

⁽³⁾ Para establecer el diámetro del tubo se tiene en cuenta que las líneas de alumbrado L1, L2 y L3 se combinan dos a dos en un mismo tubo, por tanto, el número de conductores será 5 (2 conductores por línea más el conductor de protección).

⁽⁴⁾ CS1, CS2 y CS3 son los tres cuadros parciales ubicados en la nave. Para el cálculo de la potencia demandada en cada cuadro se ha tenido en cuenta la suma de los receptores a los que alimenta, multiplicando por 1,25 el motor de mayor potencia, así como dando una potencia adicional a cada uno de ellos de 3250 W.

⁽⁵⁾ Para cada cuadro secundario se establece una c.d.t. arbitraria del 2,5%. El 2,5% de c.d.t. restante (5% - 2,5%), se establece para los receptores que parten de cada cuadro secundario.

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



↑ Figura 10.32. Esquema unifilar del cuadro general.

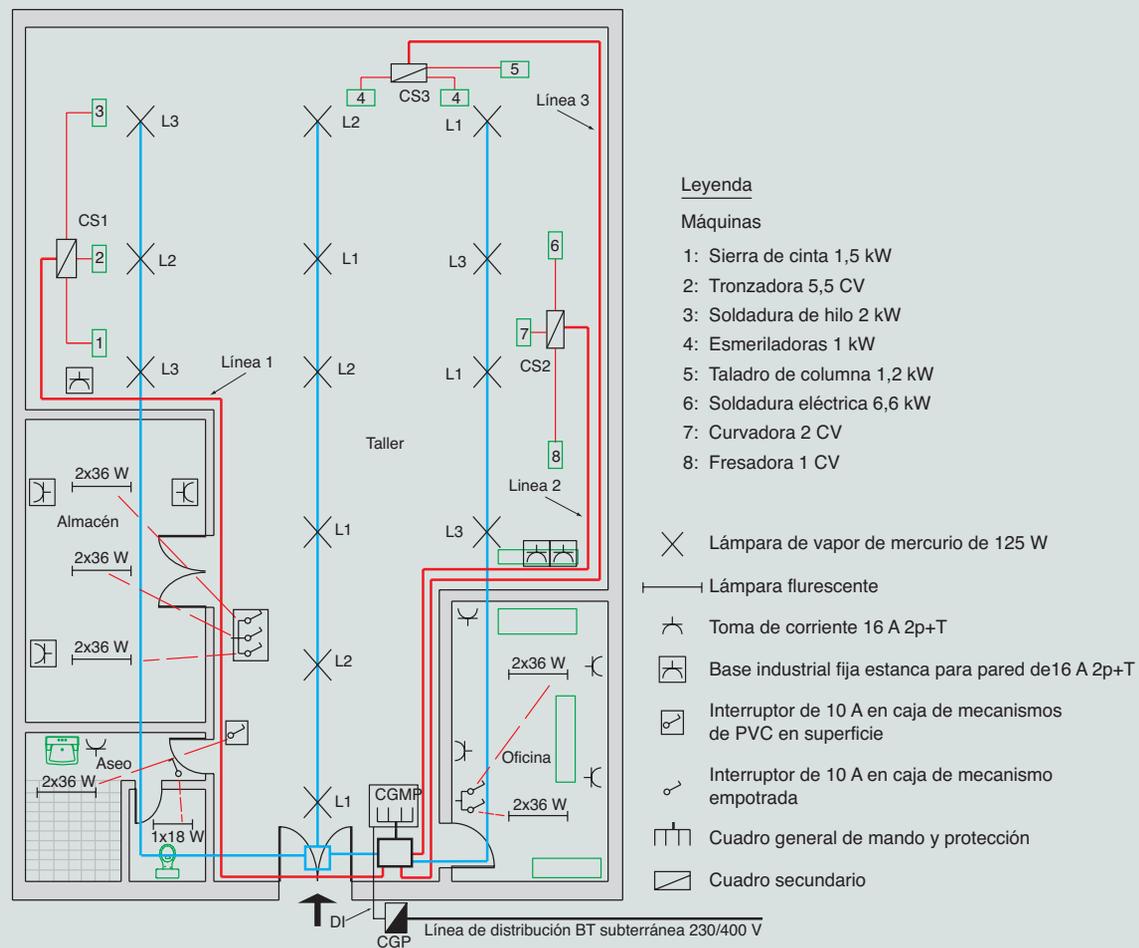


PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

3. Realiza el esquema de distribución.

Para la ubicación de cuadros, puntos de luz, mecanismos y canalizaciones se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Para el alumbrado de la nave se realizan tres canalizaciones mediante tubo de PVC rígido, ubicando los tubos sobre el techo. En cada tubo se distribuyen dos líneas y cada punto de luz estará compuesto por una luminaria con lámparas de vapor de mercurio de 125 W suspendida desde el techo. Para la derivación a cada lámpara se ubicará una caja de registro en montaje superficial de PVC estanca de 100×100 fijada sobre el techo, y de ella partirá una manguera **RV-K 0,6/1 kV 3G1,5** para alimentar a cada una de las lámparas.
- Para el alumbrado de oficina y aseo se utilizarán tubos fluorescentes bajo tubo empotrado, y para el almacén se utilizarán igualmente tubos fluorescentes bajo tubo de PVC rígido en montaje superficial.
- Se ubicarán tres cuadros secundarios que alimentarán a diferentes máquinas. En cada cuadro se instalarán una basé empotrable trifásica de 16 A-6h 3p+T y una monofásica de 16 A-6h 2p+T.
- De cada cuadro secundario partirán las canalizaciones individuales de cada máquina en *montaje al aire*, mediante tubo metálico flexible.
- En la oficina y aseo se instalarán tomas tipo schuko de 230 V, 16 A 2p+T en montaje empotrado, y en el almacén se instalarán igualmente tomas schuko de 230 V, 16 A 2p+T pero en montaje superficial.
- En el taller se instalarán bases industriales fijas estancas para pared de 230 V, 16A-6h 2p+T.



↑ **Figura 10.33.** Esquema topográfico de la instalación del taller de construcciones metálicas.

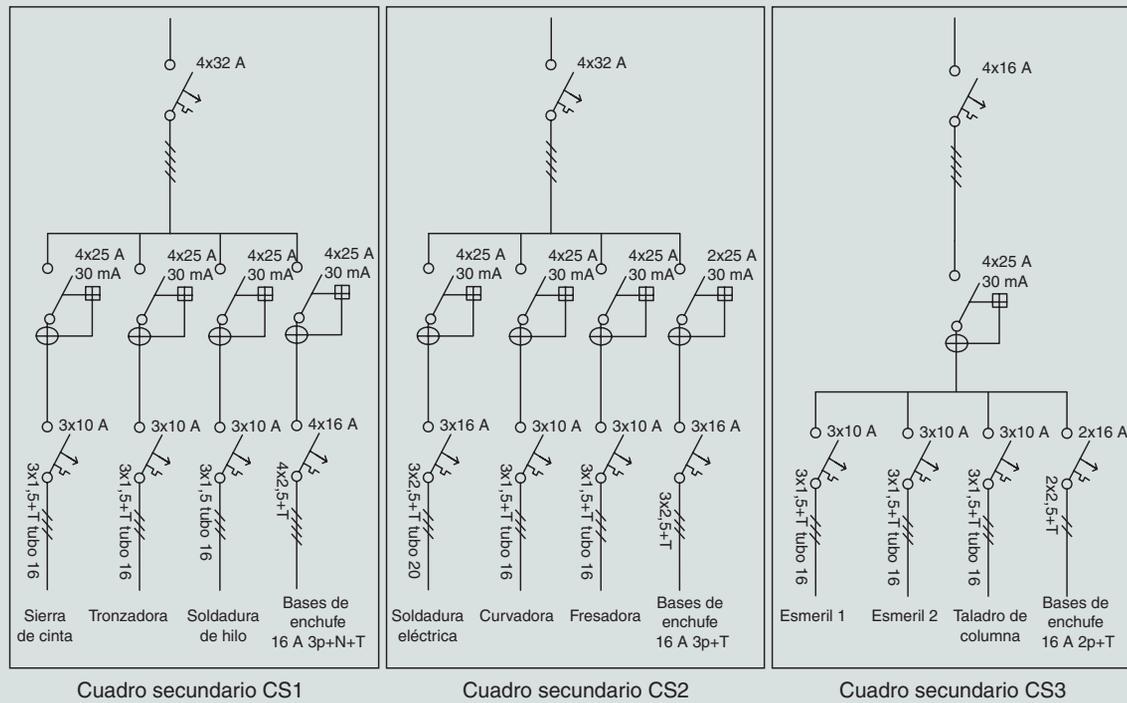


4. Realiza una tabla con los cálculos justificativos de la instalación de cada cuadro secundario.

Denominación de la línea	III/II	Tensión (V)	Potencia (W) ⁽¹⁾	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección (mm ²) y aislamiento	c.d.t (%)	Canalización. Tipo de montaje y diámetro de tubos (mm)	Protección (A)
Sierra de cinta (CS1)	III	400	1875	10	3,11	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Tronzadora (CS1)	III	400	5060	5	8,29	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Soldad. de hilo (CS1)	III	400	2000	15	3,2	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Sold. Electr. (CS2)	III	400	6600	12	10,58	H07V-K 1x2,5	2,5	Tubo al aire.20	16
Curvadora (CS2)	III	400	1840	7	3,05	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Fresadora (CS2)	III	400	920	15	1,52	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Esmeriladora 1 (CS3)	III	400	1250	6	2,12	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Esmeriladora 2 (CS3)	III	400	1250	6	2,12	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10
Taladro de colum.(CS3)	III	400	1500	10	2,54	H07V-K 1x1,5	2,5	Tubo al aire.16	10

⁽¹⁾ II: Al tratarse de líneas que alimentan a un solo receptor, en caso de que éste sea motor, la potencia se multiplicará por 1,25.

5. Dibuja el esquema unifilar de cada uno de los cuadros secundarios, de forma que en CS1 se instalen dos bases industriales empotrables de 16 A-6h 3p+N+T, en CS2 dos bases industriales de 16 A-6h 3p+T y en CS3 dos bases industriales de 16 A-6h 2p+T.

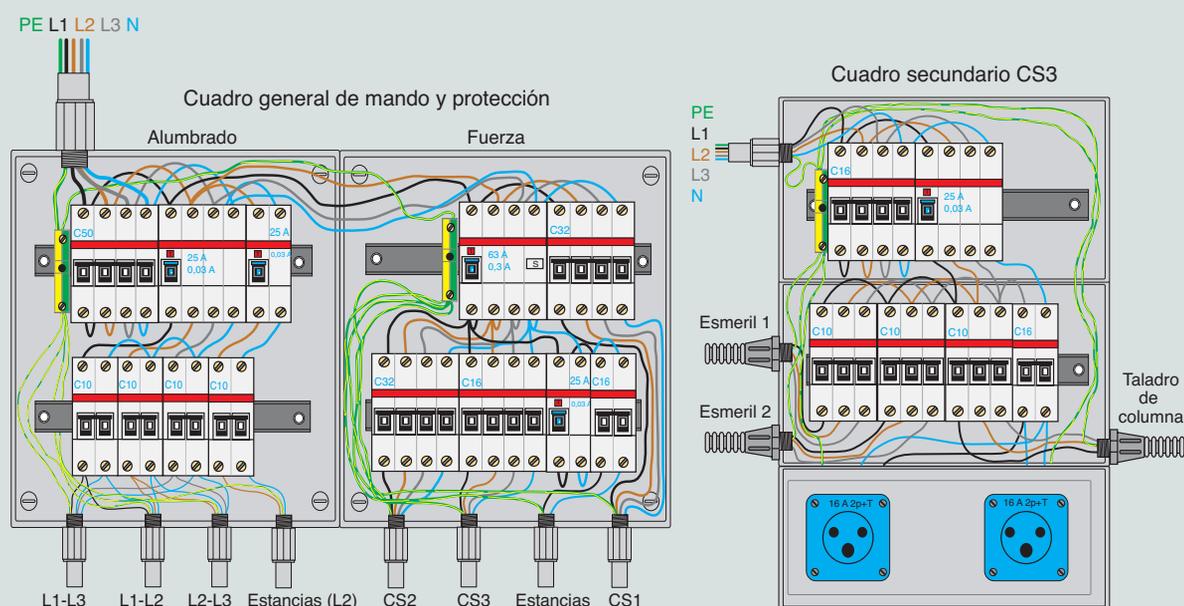


↑ **Figura 10.34.** Esquemas unifilares de los cuadros secundarios.



PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

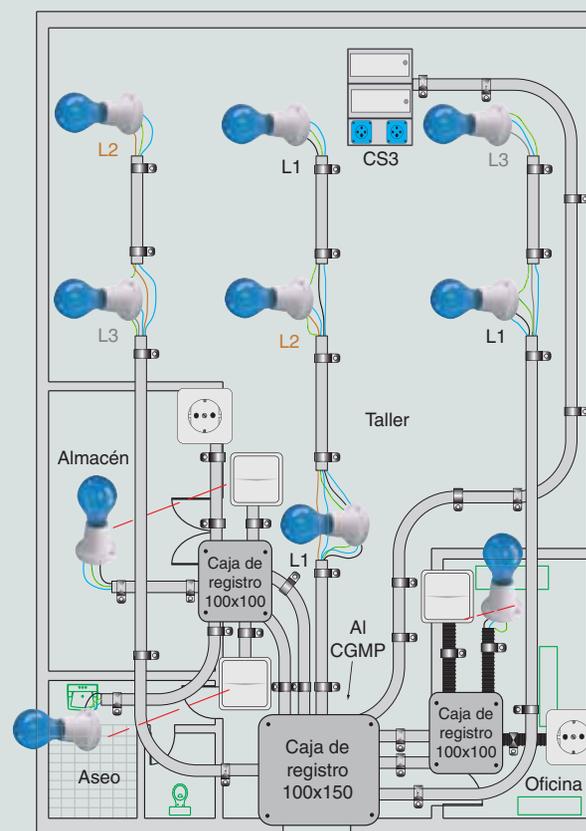
6. Realiza el montaje del cuadro general de mando y protección y del cuadro secundario CS3.



↑ Figura 10.35. Cuadro general y cuadro secundario CS3.

7. Para ello realiza lo siguiente:

- Para el circuito de alumbrado de la nave se instalarán únicamente 6 lámparas, de forma que en cada una de las tres canalizaciones se tendrán dos líneas.
- Para el circuito de alumbrado de las estancias, se instalarán tres lámparas: una en la oficina, otra en el aseo y otra en el almacén.
- Para el circuito de tomas monofásicas se instalarán dos tomas: una en la oficina y otra en el almacén.
- Únicamente se canalizará la línea que alimenta al cuadro secundario CS3.
- Instala sobre el panel de pruebas el cuadro general de mando y protección y el cuadro secundario que has realizado, y conéctalo a la instalación del taller.
- Finalmente prueba el funcionamiento de la instalación que has realizado.



→ Figura 10.36. Esquema de montaje de la instalación.

8. Junto a las dos esmeriladoras y al taladro de columna se desea instalar una nueva máquina, dicha máquina es un nuevo grupo de soldadura eléctrica de arco trifásico de 4,4 kW, 400 V, $\cos \varphi = 0,9$. El grupo se ubica a 5 m del cuadro secundario CS3, y se va a alimentar con una manguera con clavija industrial 400 V, 16 A-6h 3p+T. Se pide:

- Calcular la nueva línea que alimentará el cuadro secundario CS3, así como las nuevas protecciones ubicadas en el cuadro general de mando y protección de dicha línea. Realizar el esquema unifilar del cuadro secundario CS3.
- Instalar las nuevas protecciones y realizar el cambio de una de las bases monofásicas ubicadas en el cuadro por una base trifásica a la que se conectará el nuevo grupo de soldadura mediante clavija.

Teniendo en cuenta estos datos, los pasos a seguir son los siguientes:

- Cálculo de la nueva línea que alimenta a CS3.

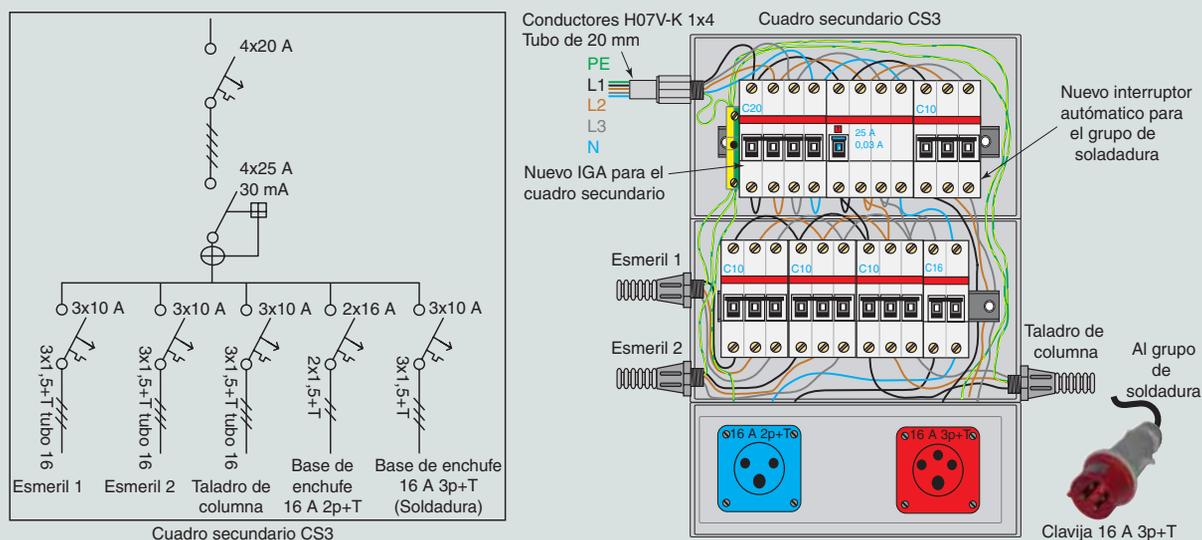
$$P = 1.200 \cdot 1,25 \text{ (Taladro)} + 2 \cdot 1.000 \text{ (Esmeriladoras)} + 4.400 \text{ (Soldadura eléctrica)} + 3.250 \text{ (Base de corriente)} = 11.150 \text{ W}$$

Se establece un factor de potencia arbitrario de 0,85 y se realiza el cálculo teniendo en cuenta que se destinaba un 2,5% de c.d.t. para esta línea, por tanto:

$$S = \frac{11.150 \cdot 54}{56 \cdot 10 \cdot 400} = 2,68 \rightarrow 4 \text{ mm}^2 \qquad I = \frac{11.150}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 18,93 \text{ A}$$

Según la tabla 1 de la ITC-BT 19, para una línea trifásica con conductores unipolares H07V-K (PVC) la $I_{máx}$ de los cables de 4 mm² es de 23 A, por tanto se utilizarán conductores de esta sección y una protección de 20 A.

- Respecto al diámetro del tubo, se observa en la tabla 2 de la ITC-BT 21 (tubos en montaje superficial), que para 5 conductores unipolares (3 fases+N+T) el diámetro exterior del tubo debe ser 20 mm. Es decir, el tubo se mantiene.
- Con lo cual, se deberán extraer los conductores inicialmente instalados (de 2,5 m²) y sustituirlos por conductores de 4 mm². En el cuadro general de mando y protección se sustituirá el interruptor automático de 4x16 A por uno de 4x20 A.
- En el cuadro secundario se sustituirá el IGA de 4x16 A por uno de 4x20 A y se instalará un nuevo interruptor automático para la protección del grupo de soldadura, siendo su calibre de 10 A.
- Finalmente se sustituirá una de las bases industriales de 16 A-6h 2p+T por una base de 16 A-6h 3p+T, donde se conectará la clavija que alimenta al grupo de soldadura.
- El esquema unifilar y de montaje es el reflejado en la figura 10.37.



↑ **Figura 10.37.** Nuevo esquema unifilar y de montaje del cuadro secundario.



MUNDO TÉCNICO

Baterías automáticas de condensadores para la mejora del factor de potencia

Los consumidores de energía reactiva

Los receptores más importantes consumidores de energía reactiva son:

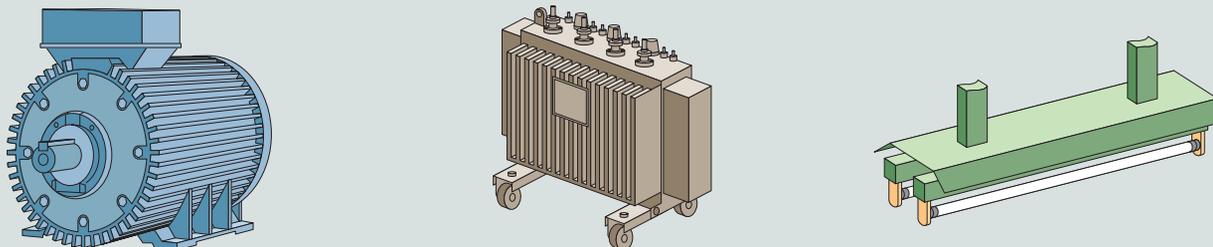
- Los motores, del 65% al 75% de energía reactiva en proporción a la energía activa.
- Los transformadores, del 5% al 10% de energía reactiva en proporción a la energía activa.
- Otros receptores, como las reactancias de las lámparas fluorescentes y de descarga.

En las instalaciones industriales existe gran cantidad de estos receptores, los cuales hacen que el conjunto de la instalación tenga un consumo alto de energía reactiva. Una de las soluciones es el uso de condensadores calcu-

lados para compensar el factor de potencia de cada receptor de forma individual, o bien de forma centralizada mediante baterías de condensadores que permiten reducir la energía reactiva y, por tanto, la intensidad de la totalidad de la instalación, de tal forma que finalmente se consigue un gran ahorro energético.

Las baterías de condensadores son equipos que, por su naturaleza capacitiva, permiten reducir la demanda de energía reactiva de la red, reduciendo o eliminando la penalización en la factura eléctrica que se produce por ese concepto.

Con el empleo de baterías automáticas de condensadores en una instalación con numerosas cargas reactivas, como puede ser una industria, se puede pasar de un recargo en la factura a incluso una bonificación.



↑ Figura 10.38. Principales receptores consumidores de energía reactiva.

Principio de funcionamiento de las baterías automáticas de condensadores

Cada escalón de la batería está constituido por el condensador, el contactor y los fusibles de protección. Todos ellos están gobernados por un regulador de energía reactiva.

Para su funcionamiento, es necesario conectar en el exterior de la batería un transformador de intensidad con salida de 5 A, dimensionado para la corriente máxima total de la instalación, y que realice la lectura de la corriente reactiva demandada por la instalación en cada instante.

La señal de dicho transformador es interpretada por el regulador de energía reactiva para que, basándose en los parámetros de consigna programados, decida la conexión de los condensadores más adecuados para compensar el factor de potencia.



↑ Figura 10.39. Batería de condensadores automática (Circutor).



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- ¿Qué sistema de distribución se emplea en las redes de distribución pública?
a) IT b) TT c) TN
- 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.
- 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.
- Para alimentar un receptor de Muy Baja Tensión (24 V) mediante clavija industrial, ¿debe ésta ser de color?
a) Amarillo. b) Violeta. c) Azul. d) Blanco.
- Si hubiese que canalizar 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.
- ¿Qué establece la normativa cuando una instalación demanda más de 63 A?
a) Obligatorio instalar CT propio.
b) Contador trifásico de activa y reactiva.
c) Todos los receptores deben ser trifásicos.
- ¿Para que 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.
- ¿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.

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 1

Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería

PRÁCTICA PROFESIONAL 2

Montaje de la instalación eléctrica de una fuente pública

MUNDO TÉCNICO

Canalizaciones eléctricas bajo suelo técnico

y al finalizar esta unidad...

- Sabrás clasificar los diferentes locales de pública concurrencia.
- Conocerás los sistemas de suministro complementario y 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 el montaje propuesto en el caso práctico al principio de esta unidad.
- Realizarás el montaje de la instalación eléctrica de una fuente pública.



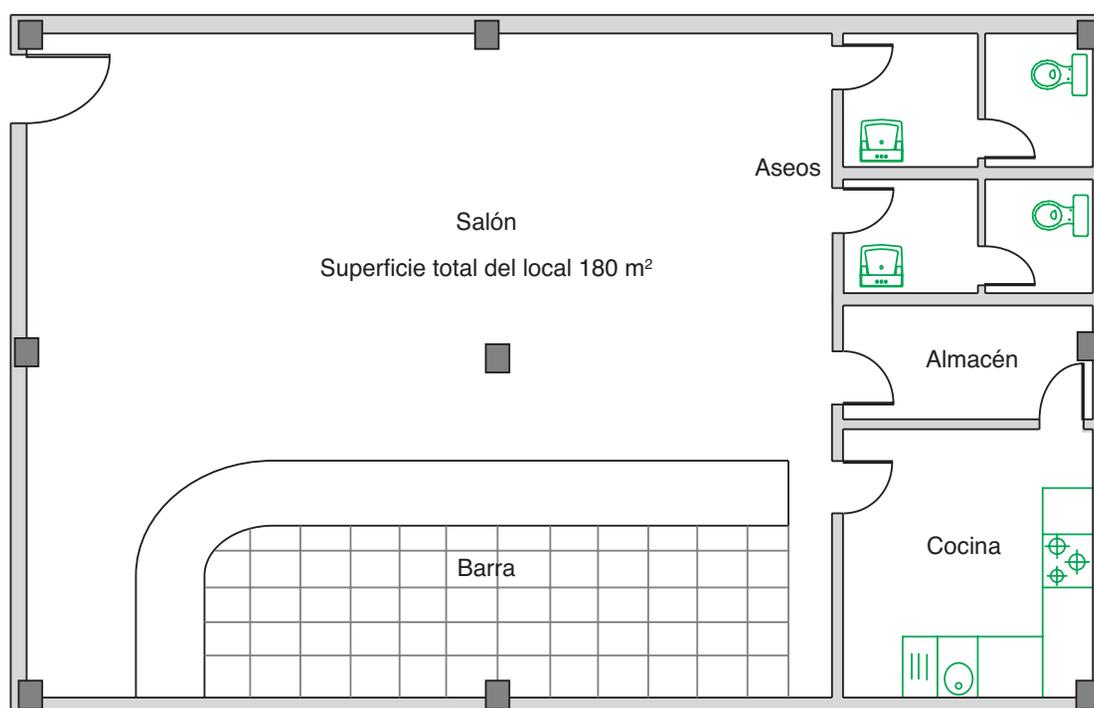
CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Un instalador electricista debe ejecutar la instalación eléctrica de un bar-cafetería de 180 m² ubicado en la planta baja de un edificio de viviendas.

Dicho local se ejecutará bajo proyecto siendo los receptores, además de los de alumbrado, los siguientes:

- Circuito para botelleros y neveras.
- Circuito para tomas de corriente del salón.
- Circuito para tomas de corriente de uso general.
- Circuito para cocina y horno eléctricos.
- Circuito para cafetera.
- Circuito para freidora.
- Circuito para aire acondicionado.



↑ Figura 11.1. Plano de planta de la cafetería.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué peligros crees que acechan en un local, en el que puede haber una gran concentración de personas?
2. Indica qué es y de dónde puede tomar la energía un suministro complementario.
3. ¿Dónde se conectan las luminarias de emergencia?
4. ¿Para qué sirve y cómo se conecta el circuito de telemando?
5. ¿Cómo se debe hacer el reparto de los circuitos en el cuadro general para que el disparo de un diferencial no afecte a todo el alumbrado del bar?
6. ¿Cómo afecta la instalación de un diferencial en la protección contra incendios?



1. Instalaciones en locales de pública concurrencia

Por definición, los locales de pública concurrencia son todos aquellos que pueden albergar en su interior un gran número de personas. Por tanto es necesario tomar medidas de seguridad que afecten a las instalaciones eléctricas. Medidas, como veremos más adelante, tales como cables no propagadores de llama, alumbrado de emergencia, etc.

1.1. Clasificación de los locales de pública concurrencia

Toda la reglamentación sobre este tipo de locales está contemplada en la ITC-BT 28 y en la Guía Técnica de Aplicación BT-28 del REBT, donde se clasifican este tipo de locales en cuatro grandes grupos:

Tipos de locales	Ejemplos	¿Será 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.
		Centros de enseñanza, bibliotecas, establecimientos comerciales, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, club sociales y deportivos.
	2.2. Locales de trabajo	Oficinas con presencia de público.
	2.3 Locales de uso sanitario	Hospitales, ambulatorios, sanatorios.
Consultorios médicos, clínicas.		
3. Según dificultad de evacuación en cualquier local	3.1. BD2 (baja densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura, sótanos.
	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
<p>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».</p> <p>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.</p>		

↑ **Tabla 11.1.** Resumen de tipos de locales de pública concurrencia.



Según se muestra en la tabla anterior, hay locales que son establecidos como de pública concurrencia según la ocupación de personas. Para determinar este concepto se considera **1 persona por cada 0,8 m²** de superficie útil de ocupación, es decir, las zonas tales como pasillos, servicios, almacenes, etc. quedan excluidas.

Por ejemplo, una pequeña tienda en un principio puede estar clasificada como local de pública concurrencia, ya que en ella siempre habrá una concentración de personas ajenas al local; ahora bien, si la superficie expuesta al público fuese de 56 m², la ocupación será de $56 \cdot 0,8 = 44,8$ que es un valor menor que los 50 que se establecen para que dicho local sea clasificado de este tipo. Por este motivo **no se considera** como local 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 de proyecto y de 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 los 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 11.2.** Grupo electrógeno diésel de 100 kVA para suministro complementario.



↑ **Figura 11.3.** Sala de baterías de acumuladores para suministro complementario.



caso práctico inicial

En principio, la cafetería no necesita, por su actividad (local de reunión), suministro de **reserva** ni **duplicado**; únicamente resta comprobar si es necesario suministro complementario de **socorro**. Como la cafetería tiene una superficie total de 180 m², de los cuales la superficie útil que puede ser ocupada por el público (se excluye la cocina almacén y aseos) es de 125 m², la ocupación será de $125 \cdot 0,8 = 100$ personas. Este valor es inferior a 300; por tanto, tampoco será necesario suministro de socorro.

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 éstos 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:

- Clasificar dicho local.
- Establecer el tipo de suministro complementario necesario.
- Determinar el equipo de suministro complementario, así como su potencia.

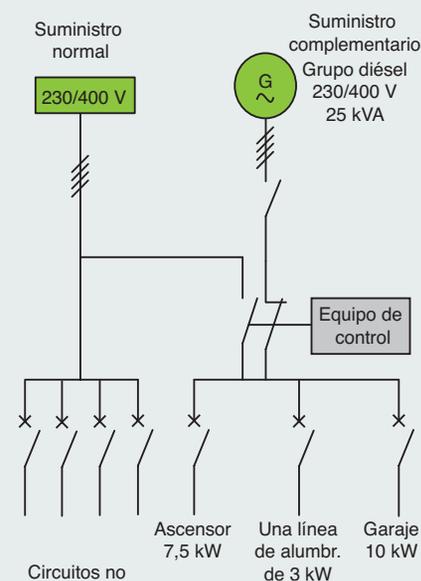
Solución:

- El local está clasificado como *local de reunión* según la tabla 11.1, punto 2.1.
- 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).
- 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 11.4.



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 éste baje a un valor inferior del 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 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, éstos pueden estar iluminados de forma interna si se adhieren a la luminaria. En la figura 11.5 se muestran algunos símbolos normalizados para la señalización de rutas de evacuación y utilización de medios de urgencias.



↑ Figura 11.5. 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 que garantizase 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.



caso práctico inicial

En la cafetería por su actividad el alumbrado de emergencia será únicamente de **seguridad**, instalándose aparatos autónomos de evacuación por encima de cada una de las puertas y aparatos autónomos de ambiente en el salón y barra.

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 antipático.** 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. Si la fuente de energía alimenta en cambio a varios aparatos a la vez, a éstos se les denomina **luminarias centralizadas**.



↑ **Figura 11.6.** Aparato autónomo de alumbrado de emergencia.

En función del tipo de luminaria utilizado para el alumbrado de emergencia, se pueden clasificar en tres categorías diferentes:

	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				Permanente		
				No permanente		

↑ **Tabla 11.2.** Tipos de luminarias para alumbrado de emergencia.



En función de la construcción de la luminaria, el marcado que debe aparecer sobre el aparato es el siguiente:

Celda nº			
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, sólo en aparatos autónomos, indica la duración en minutos: 60: 1 hora 120: 2 horas 180: 3 horas			

EJEMPLOS

■ 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, pues en él 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.

Solución:

Dicha luminaria se conectará a la alimentación de alumbrado normal por un lado, y por otro se conectará a los bornes del telemando para realizar la neutralización del modo permanente durante el día.

Celda nº			
1ª	2ª	3ª	4ª
X	1	**C*	120

■ Una luminaria de emergencia marca la designación: X 0 *B** *60.

Se pide indicar las características de dicho aparato de emergencia.

Solución:

- 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.

← **Tabla 11.3.** Marcado de luminarias de emergencia.

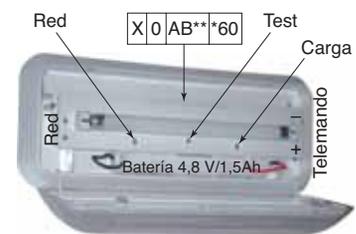
vocabulario

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 a 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 11.7.** 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 11.8.** Telemando para luminarias de emergencia. Permite la puesta en reposo de un determinado número de luminarias de emergencia.



caso práctico inicial

En la zona que puede ser ocupada por el público (barra y salón), **nunca** se podrá conectar todo el alumbrado a una sola línea.

La zona de reunión del local tiene 20 puntos de luz y si se instalaran únicamente dos líneas de alumbrado, se deberían instalar como mínimo en una de ellas $20/3 = 6,6 \rightarrow 7$ puntos de luz.

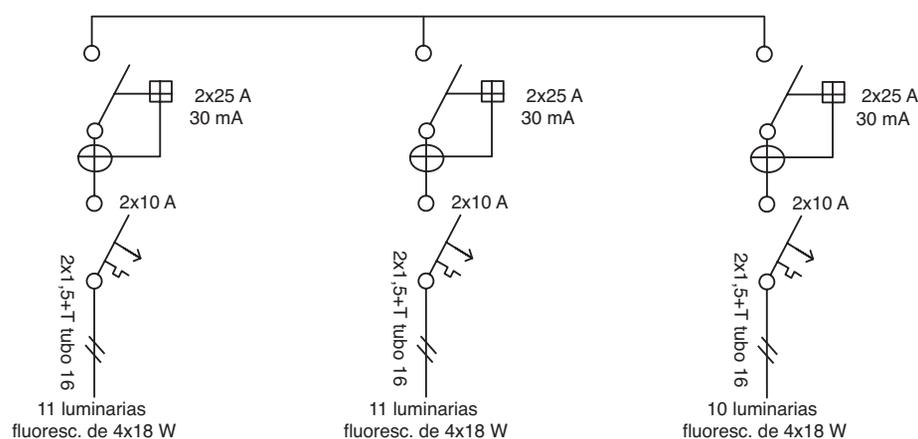
En este caso se instalarán tres líneas en todo el local, con lo que el reparto entre las tres líneas podría ser de $10+6+4$.

En cualquiera de los casos un corte en cualquiera de las líneas no afectará a más de un tercio de los puntos de luz instalados en la zona de reunión del local. Por ejemplo para la segunda distribución si falla la línea AL1, quedarán $6(AL2) + 4(AL3) = 10 > 7$ puntos de luz.

1.4. Cuadros de distribución, canalizaciones y conductores

En toda instalación eléctrica de locales de concurrencia pública es necesario tener en cuenta las siguientes prescripciones reglamentarias:

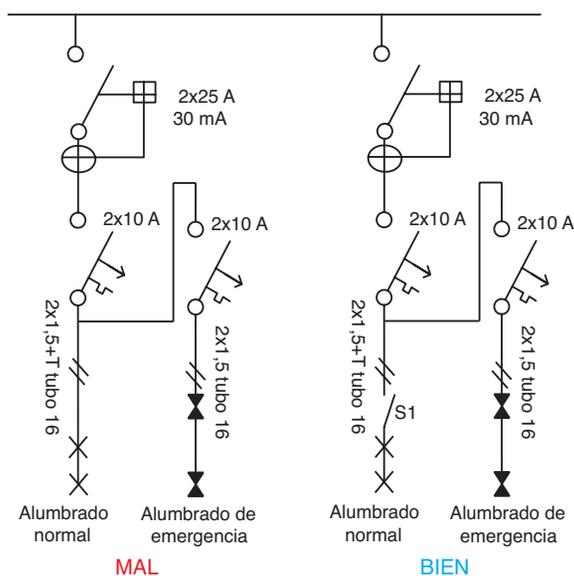
- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un interruptor general automático.
- Tanto los cuadros generales como los secundarios deben instalarse de forma inaccesible al público.
- 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 sobrecargas y frente a contactos indirectos (si procede).



Si el alumbrado de la zona expuesta al público estuviese constituido por 32 luminarias con cuatro tubos fluorescentes cada una de 18 W, una solución es dividir el alumbrado de la zona en tres líneas, de tal forma que a cada línea se conectarán $32/3 = 10,6$. Siendo por tanto la distribución de 11 luminarias en dos de las líneas y 10 luminarias en la restante, de esta forma un corte en cualquiera de las 3 líneas mantendrá siempre al menos 21 o 22 luminarias encendidas en las zonas accesibles al público de un local de pública concurrencia.

↑ **Figura 11.9.** Ejemplo de instalación de los circuitos de alumbrado.

- En cuanto a las canalizaciones, sus características serán las siguientes:
 - a) Los conductores serán aislados de 450/750V como mínimo, colocados bajo tubo o canales protectores, **preferentemente empotrados** en especial en zonas accesibles al público.
 - b) Los conductores serán aislados de 450/750 V como mínimo, con cubierta de protección y colocados en los huecos de la construcción.
 - c) Los conductores serán rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados y colocados directamente sobre las paredes.
- 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.



En caso de que el alumbrado de emergencia esté conectado a una línea de alumbrado normal, no se puede utilizar el interruptor automático de protección de alumbrado normal como dispositivo de accionamiento de las lámparas, es decir, en tal caso el accionamiento se debe realizar mediante interruptores, conmutadores, etc.

↑ **Figura 11.10.** Ejemplo de instalación de las luminarias de emergencia.

- Los cables a utilizar en instalaciones de locales de concurrencia pública serán **no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida** (libres de halógenos), por ejemplo del tipo ES07Z1-K (AS), RZ1-K 0,6/1 kV (AS) o del tipo DZ1-K 0,6/1 kV (AS).

caso práctico inicial

En la cafetería todos los conductores serán libres de halógenos tipo ES07Z1-K (AS) y la derivación individual se realizará con conductores tipo RZ1-K 0,6/1 kV (AS).

EJEMPLO

Una biblioteca está compuesta por las siguientes estancias:

Despacho de libros	Archivo	Sala de lectura	Aseos
15 m ²	62 m ²	110 m ²	14 m ²

Se pide:

- Clasificar el local.
- Dibujar el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.
- Realizar el esquema de distribución en planta.

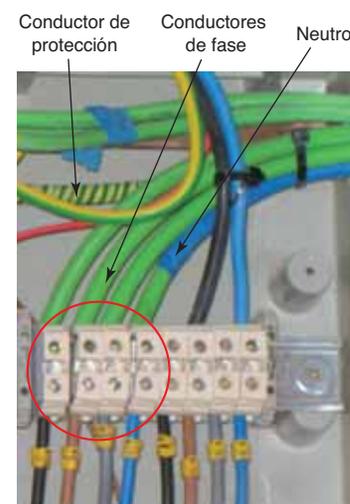
Solución:

- El local está clasificado como local de trabajo según la tabla 11.1, punto 2.2, con lo cual para que quede clasificado como local de pública concurrencia la ocupación debe ser superior a 50 personas. Para establecer este valor únicamente computan las estancias ocupadas por el público, en este caso únicamente la sala de lectura. Por tanto la ocupación será de:

$$N^{\circ} \text{ de personas} = 110 \text{ m}^2 \cdot 0,8 \text{ personas/m}^2 = 88 > 50 \text{ personas}$$

Por este motivo queda clasificado como local de pública concurrencia, y deberán tenerse en cuenta todas las prescripciones reglamentarias establecidas para este tipo de locales.

- Para la ejecución de la instalación eléctrica será necesario la realización de proyecto, siendo los circuitos establecidos en el mismo los siguientes:



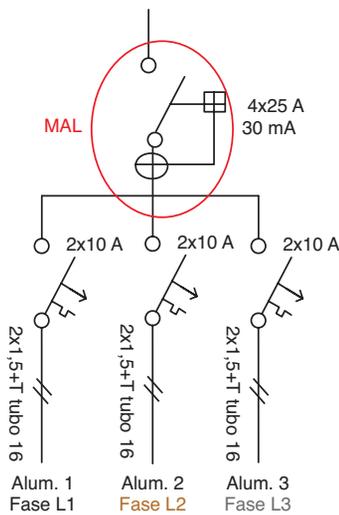
↑ **Figura 11.11.** Detalle de conexión de la derivación individual en la centralización de contadores perteneciente al edificio donde se ubica la cafetería, realizado con conductores RZ1-K (AS) 0,6/1 kV.



recuerda

El REBT establece que en las zonas donde se reúna público, el número de líneas de alumbrado y su disposición deben ser tales que el corte de una de ellas solo afecte a **un tercio** del total del número de lámparas instaladas.

En función de esto si, por ejemplo, tuviésemos únicamente tres líneas, nunca se podrían agrupar bajo un mismo diferencial debido a que un defecto a masa en cualquiera de ellas provocaría el corte general del alumbrado del local.



Distribución de alumbrado en la zona de afluencia pública en un local de pública concurrencia.

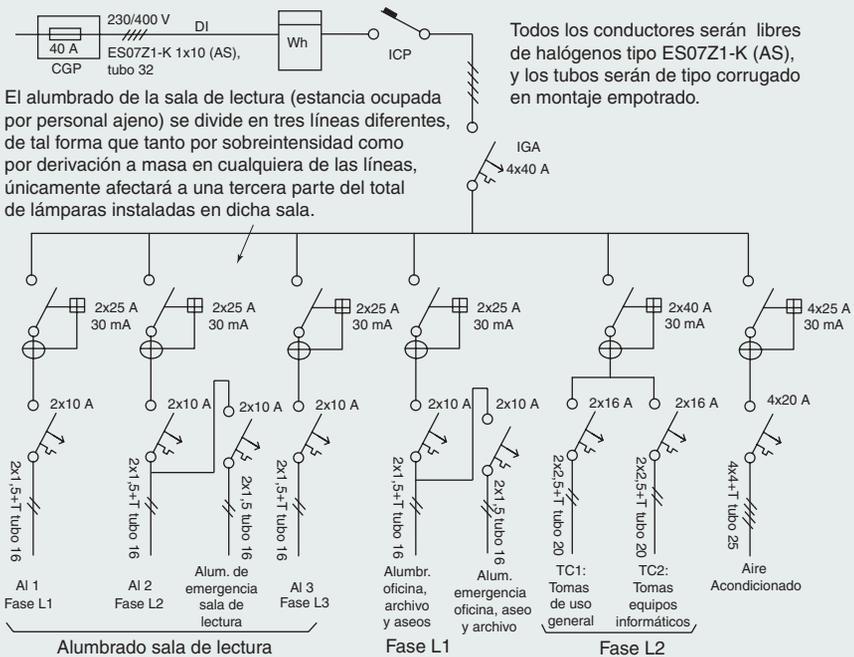
↑ **Figura 11.12.** Agrupación errónea de líneas de alumbrado bajo un solo diferencial en un local de pública concurrencia.

Circuito	III/ II	Tensión (V)	Pot. (kW)	Int. (A)	L (m)	c.d.t (%)	Sección (mm ²) (1)	Tubo (mm) (2)	Protección (A)
Deriv. individual	III	230/400	22,78	36,5	5	1,5	10	32	40
Tomas uso general	II	230	3,65	15,86	38	5	2,5	20	16
Tomas equipos informáticos	II	230	3,65	15,86	18	5	2,5	20	16
Alumbr. archivo, aseo y oficina ⁽³⁾	II	230	1,536	7,42	28	3	1,5	16	10
Alumbr. 1 sala ⁽⁴⁾	II	230	0,648	3,13	26	3	1,5	16	10
Alumbr. 2 sala ⁽⁴⁾	II	230	0,648	3,13	32	3	1,5	16	10
Alumbr. 3 sala ⁽⁴⁾	II	230	0,648	3,13	42	3	1,5	16	10
Aire acondicionado	III	400	12	19,2	25	5	4	25	20

(1) El cable a utilizar será libre de halógenos tipo ES07Z1-K (AS).
 (2) La canalización se realizará mediante tubo corrugado en montaje empotrado.
 (3) Se utilizarán luminarias con dos fluorescentes de 36 W excepto en los aseos que se utilizarán lámparas de incandescencia de 60 W.
 (4) Se utilizarán luminarias con dos fluorescentes de 36 W.

El alumbrado de emergencia se realizará con aparatos autónomos tipo **X 0 *B** *60** conectados a las diferentes líneas de alumbrado normal y protegidos por un interruptor automático de 10 A. Se instalarán de tipo **evacuación** en las puertas y de tipo **ambiente** en diferentes puntos con adhesivos que indiquen las rutas de evacuación. En la sala de lectura se canalizará una línea de emergencia conectada a AL1 o AL2, y en el resto de estancias se canalizará otra línea para alumbrado de emergencia conectada a AL3. La ubicación de los mismos se indica en el plano de distribución.

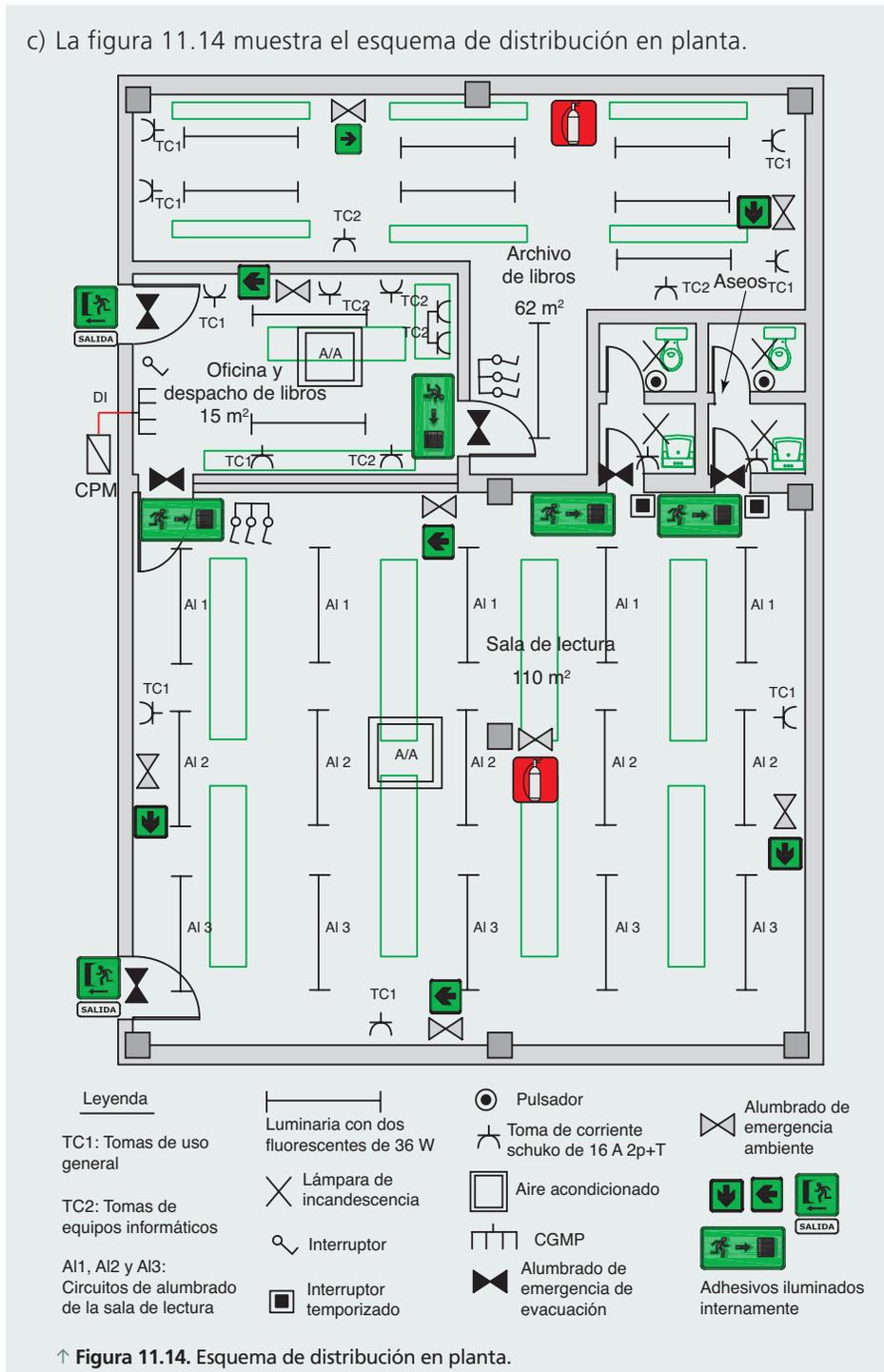
El esquema unifilar de la instalación es de la figura.



↑ **Figura 11.13.** Ejemplo de instalación de las luminarias de emergencia.



c) La figura 11.14 muestra el esquema de distribución en planta.



ACTIVIDADES

- De los siguientes locales, especifica cuáles son de pública concurrencia y cuales no.
 - Un pequeño bar de 60 m².
 - Una carnicería de 70 m² siendo la zona de ventas de 58 m².
 - Una iglesia.
 - Un taller de reparación de vehículos de 700 m².
 - Una clínica dental de 62 m².
 - Un gimnasio de 250 m².



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 paredes, manchas salinas o moho aún cuando no aparezcan gotas ni el techo o 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 estén cubiertos dichos locales 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 11.4.

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 11.15. Caja de derivación de PVC con grado de protección IP65.

2.2. Instalaciones en locales con riesgo de corrosión

Los locales o emplazamiento con riesgo de corrosión son aquellos en los que existan gases o vapores que puedan atacar a los materiales eléctricos utilizados en la instalación, y se consideran locales con riesgo de corrosión: fábricas de productos químicos, depósitos para productos derivados de la industria química, etc.

En cuanto a 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 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 aparamenta tendrán un grado de protección IP5X mínimo (considerando la envolvente como categoría 1) salvo que las características del local exijan uno más elevado.



2.4. Instalaciones en locales a temperaturas elevadas o a muy baja temperaturas

Un local de **temperaturas elevadas** se considera aquél 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 aquél 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:

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.

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.	Éstos deben ser elegidos por el instalador de forma que en las especificaciones técnicas ofrecidas por el fabricante éste 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 11.5.

2.5. Instalaciones en las que existan 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 para locales clasificados como corrosivos vistos anteriormente. 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.

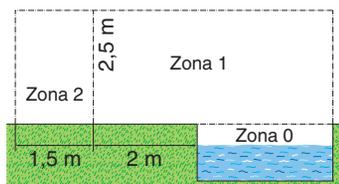
ACTIVIDADES

2. Se te pide realizar el diseño de una instalación en un almacén de azufre de (8 x 9) m², en él la instalación eléctrica es en montaje superficial con una CGMP compuesta por un IGA, un diferencial general, un interruptor automático para alimentar 2 luminarias de 2x36 W, y un interruptor automático para dos tomas monofásicas tipo schuko de 16 A 2p+T. La potencia destinada a las tomas es de 3.500 W. Las longitudes de ambas líneas son de 27 m para alumbrado y 18 m para fuerza, siendo el factor de potencia para ambas líneas de 1.
 - Imagina el local y dibuja un croquis del mismo.
 - Ubica las luminarias y las tomas donde creas conveniente sobre el esquema topográfico del local.
 - Clasifica el local y, en función de eso, calcula las secciones, protecciones y tubos, realiza el esquema unifilar del CGMP, y busca en catálogos de fabricantes las características de la aparamenta eléctrica.



3. Instalaciones eléctricas con fines especiales

3.1. Instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes



↑ **Figura 11.16.** Volúmenes en piscinas.

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.).

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 ésta 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 ésta 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 11.6.**

recuerda

Todos los equipos alimentados en corriente alterna situados dentro de la piscina (zona 0) o bien a 2 m del borde de ésta (zona 1) se tienen que alimentar mediante un transformador a 12 Vca, el cual se tiene que situar fuera de todas las zonas, es decir, a 3,5 m como mínimo del borde de la piscina.



↑ **Figura 11.17.** Transformador encapsulado 230 V/12 V, para alimentación por MBTS de equipos eléctricos en piscinas.

En la **zona 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 aparamenta eléctrica para piscinas

Dentro de la piscina (volumen 0) **no se pueden** 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 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 11.18.** Luminarias para piscinas: de incandescencia 300 W/12 V y halógena de 100 W/12 V. Los mecanismos tales como interruptores, tomas de corrientes, etc., están **prohibidos** instalarse 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.

Instalaciones en Fuentes

A diferencia de las piscinas, en las fuentes **solo existen** los volúmenes 0, 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: bien por MBTS de 12 Vca o 30 Vcc; bien empleando protección con diferencial de 30 mA; o bien empleando el 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, éstos deben tener un grado de protección mecánica IK5.

↑ **Tabla 11.7.**



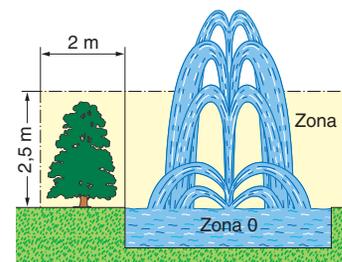
↑ **Figura 11.21.** Cajas de conexión subacuáticas de latón y metacrilato para fuentes con grado de protección IPX8 (SAFE-RAIN).

recuerda

Las bases y clavijas MBTS de 24 V se identifican por el color violeta.



↑ **Figura 11.19.** Clavija de empotrar 24 V 16 A.



↑ **Figura 11.20.** Volúmenes para fuentes.



↑ **Figura 11.22.** Foco sumergible 100W/12 V para fuentes, con grado de protección IP58 (SAFE-RAIN).



3.2. Instalaciones eléctricas para máquinas de elevación y transporte

Este tipo de instalaciones comprende todas aquellas instalaciones eléctricas destinadas a alimentar equipos tales como grúas, montacargas, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, puentes grúa, cabrestantes, andamios eléctricos, etc.

Principalmente hay que destacar en este tipo de instalaciones lo siguiente:



↑ **Figura 11.23.** Interruptor seccionador de seguridad y seta de emergencia con enclavamiento mecánico

<p>Será necesario un interruptor de corte general omnipolar de accionamiento manual colocado en el circuito principal de alimentación del equipo.</p>
<p>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.</p>
<p>En la instalación exterior de servicios móviles se utilizará cables flexibles con cubierta de goma, tales como policloropreno o similares.</p>
<p>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.</p>
<p>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 sólo a los circuitos de potencia, sino también a los de mando.</p>
<p>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.</p>
<p>Después de un corte de emergencia debe evitarse la reconexión de la alimentación mediante enclavamientos mecánicos o eléctricos. La reconexión solamente puede ser posible desde el dispositivo de control desde el cual se realizó el corte de emergencia. En el caso de grúas, éstas deben tener cada una un dispositivo de parada de emergencia accionado desde el suelo.</p>

→ **Tabla 11.8.**

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:

↓ **Tabla 11.9.**

<p>La máxima tensión de contacto en corriente alterna será de 24 V y cada base o grupo de bases de corriente deben estar protegida mediante interruptor diferencial de 30 mA de sensibilidad máxima; o bien mediante MBTS; o bien protegiéndolas mediante transformador de separación de circuitos individual para cada base o grupo de tomas de corriente.</p>
<p>Los elementos de la instalación que estén a la intemperie deberán tener un grado de protección IP45 mínimo.</p>
<p>Los conductores para la acometida en instalaciones de obra exteriores serán de tensión mínima de 450/750V, con cubierta de policloropreno o similar, y apto para servicios móviles. Los conductores para instalaciones interiores serán de tensión mínima asignada de 300/500 V y aptos para servicios móviles.</p>
<p>Los dispositivos de seccionamiento y de protección de los circuitos de distribución 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 ubicación en el interior de una envolvente cerrada con llave.</p>
<p>Cada circuito que alimente un receptor o grupo de receptores debe partir de un cuadro de distribución general o secundario, según corresponda, debiendo llevar interruptores automáticos o fusibles para la protección contra sobrecorrientes, interruptores diferenciales u otros medios para la protección contra contactos indirectos y bases de toma de corriente.</p>



La figura siguiente muestra un ejemplo de un cuadro general de una instalación temporal de obras de una urbanización, el cual incluye sistema de parada de emergencia e interruptores de bloqueo para las base de corriente.



← **Figura 11.24.** Cuadro general de mando y protección de una instalación eléctrica temporal de obras.

vocabulario

Exposición

Cualquier acontecimiento dedicado a la exposición o ventas 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.

Stand

Estructura temporal utilizada para la presentación, marketing, ventas, ocio, etc.

Parque de atracciones

Áreas 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.

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, y en cualquier circunstancia, aunque haya una gran demanda de potencia, éstas se alimentarán siempre en baja tensión a 230V/400 V ejecutándose la instalación de acuerdo con las condiciones ambientales en las que se realiza. 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.

Los grados de protección para las canalizaciones y envolventes serán de **IP4X**, para las instalaciones de **interior**, e **IP45** para instalaciones de **exterior**.

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.

ACTIVIDADES

3. Diseña la instalación eléctrica de una **caseta de feria** de 14 x 10 m² 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 incandescencia de 40 W por cada una de las líneas, siendo la longitud de cada una de 16 m.
- Un circuito para instalar botelleros con potencia de 1,2 kW, $\cos \varphi = 0,85$, siendo su longitud de 10 m.
- Un circuito para tomas de uso general de 3,25 kW, $\cos \varphi = 1$, siendo su 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 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:

- ¿Podría dicha caseta de feria estar clasificada también como local de pública concurrencia?
- Diseña el esquema unifilar incluyendo las luminarias de emergencia en caso de que sean necesarias.
- Calcula la potencia en kVA de dicho grupo. Establecer un $\cos \varphi$ para toda la instalación de 0,9.



ACTIVIDADES FINALES

- 1. Realiza el montaje de la Práctica Profesional 1 que resuelve el caso práctico inicial de esta unidad.
- 2. En una plaza pública hay que realizar un cuadro para **eventos festivos** con intención de alimentar el alumbrado festivo de plaza y un escenario.

La alimentación del cuadro se realiza mediante una derivación individual trifásica a 230/400 V con conductores unipolares tipo H07V-K bajo tubo de metálico rígido, los cuales parten de una caja de protección y medida (CPM) ubicada a 6 m de éste.

Los receptores que se estiman son los siguientes:

- Escenario: 4,5 kW para sonido y 6 kW para focos.
- Alumbrado de la plaza: 60 lámparas de incandescencia de 40 W distribuidas en tres líneas.
- Las caídas de tensión para el escenario es del 5% para sonido y el 3% para focos. Longitud 18 m.
- Para el alumbrado de la plaza la caída de tensión es del 3% y las longitudes de las tres líneas son de 50 m.
- Factor de potencia unidad para todos los circuitos y coeficiente de simultaneidad también la unidad.

Teniendo en cuenta estos datos y que se trata de una instalación de tipo especial de carácter ferial, se pide:

- Rellenar los campos que faltan en la tabla adjunta para el cálculo de las secciones y protecciones, teniendo en cuenta que la alimentación desde el cuadro al escenario se realiza con dos mangueras (una para sonido y otra para focos) tipo RN-K 0,6/1kV (manguera con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloropreno) y para el alumbrado de la plaza las tres líneas se realizan con mangueras H07VN-K (manguera con aislamiento de PVC y cubierta de policloropreno).

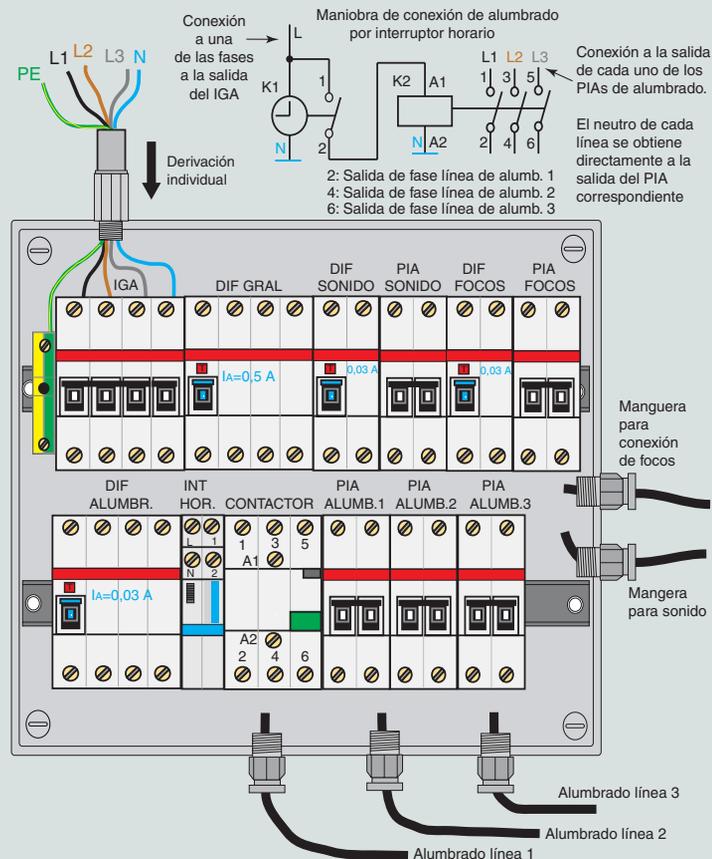
Circuito	III/II	Tensión (V)	Potencia (kW)	I (A)	L (m)	c.d.t. (%)	Secc. (mm ²)	Protec. (A)
Derivación individual	III	230/400			6	1,5		
Sonido (escenario)	II	230	4,5		18	5		
Focos (escenario)	II	230	6		18	3		
Alumbrado 1 (plaza)	II	230	0,8		50	3		
Alumbrado 2 (plaza)	II	230	0,8		50	3		
Alumbrado 3 (plaza)	II	230	0,8		50	3		

Notas:

- (1) Para el cálculo de la sección de todos los conductores se considerará canalización tipo E «cables multiconductores al aire libre» (tabla 1 ITC-BT 19), excepto para la derivación individual que se canalizará bajo tubo en montaje superficial (canalización tipo B).
 - (2) No olvides que en estas instalaciones es recomendable colocar un diferencial general con sensibilidad máxima de 500 mA de tipo selectivo.
- Dibuja el esquema unifilar de la instalación teniendo en cuenta:
 - a) Que el alumbrado de la plaza debe encenderse mediante un interruptor horario desde las 21:00 h 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 PIAs 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 500 mA de sensibilidad, y se instalará un diferencial para el circuito de focos, otro para el de sonido, y un diferencial tetrapolar para el alumbrado de la plaza, de forma que cada línea de alumbrado se conecte a una fase diferente.



- Realizar el montaje de dicho cuadro según se muestra en la figura 11.25. Una vez realizado el esquema unifilar, realiza las conexiones sobre el panel de pruebas tal como muestra la figura realizando las siguientes pruebas de funcionamiento:
 - Conecta una lámpara por cada línea de alumbrado, tanto para las de alumbrado de la plaza como para los focos del escenario.
 - Conecta unas bornas de conexión al circuito de sonido.
 - Pon en hora el interruptor horario de esfera.
 - Conecta la manguera de alimentación.
 - Acciona el IGA y el diferencial general accionando los diferentes interruptores automáticos y diferenciales de cada circuito.
 - Para probar el sistema horario de encendido, gira de forma manual la esfera del interruptor horario.



↑ **Figura 11.25.** Cuadro de distribución para la instalación eléctrica de eventos festivos.

- 3. Se pide realizar una **instalación temporal de obras** destinada a la construcción de un edificio. Para ello es necesario realizar un cuadro general de distribución al cual la mayoría de las máquinas se conectarán a través de clavijas industriales, siendo los receptores los siguientes:

Líneas	III/II	Tensión	Potencia	cos φ	Long.	Canalización
Alumbrado	II	230 V	3,5 kW	1	30 m	Manguera al aire
Hormigonera	III	400 V	1,5 kW	0,87	40 m	Manguera al aire
Grúa	III	230/400 V	6 kW	0,83	45 m	Tubo al aire
Cortadora de hormigón	III	400 V	5,5 kW	0,85	30 m	Manguera al aire
Tomas de corriente	II	230 V	4,2 kW	0,85	35 m	Manguera al aire

Para la ejecución de dicha instalación previamente hay que elaborar una Memoria Técnica de Diseño (MTD) realizada por el propio instalador, ya que la potencia total calculada, teniendo en cuenta que las máquinas tienen motores, es de 24,24 kW, valor menor de los 50 kW para los que las **instalaciones temporales de obra** necesitan proyecto (consulta la ICT-BT 04 punto 3.1).

Una vez realizada la **MTD** y **certificado de la instalación**, la compañía de distribución instalará un cuadro de protección y medida (CPM) del que partirá la derivación individual hasta el cuadro de distribución, estando constituida por conductores unipolares bajo tubo metálico flexible en **montaje al aire** y siendo su longitud de 15 m.



ACTIVIDADES FINALES (cont.)

Teniendo en cuenta estos datos, se pide:

- Rellenar los campos que faltan de la tabla adjunta para el cálculo de las secciones y protecciones, teniendo en cuenta que todos los receptores se alimentan con mangueras con cubierta de policloropreno (N) tipo H07VN-K o RN-K 0,6/1 kV, cables recomendados para este tipo de instalaciones (consulta la ITC-BT 33, punto 5.3).

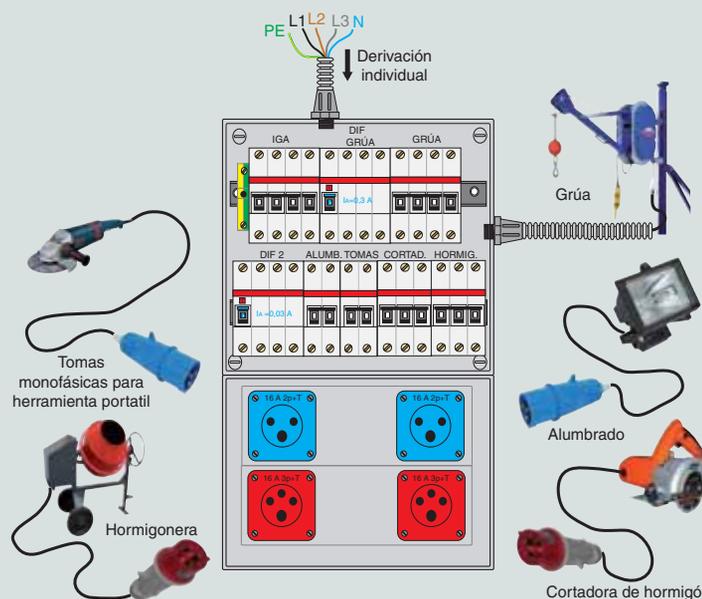
Circuito	III/II	Tensión (V)	Potencia (kW)	I (A)	L (m)	c.d.t. (%)	Secc. (mm ²)	Tubo (mm)	Protec. (A)
Derivación individual	III	230/400	24,24		15	1,5			
Alumbrado	II	230	3,5		30	3		—	
Hormigonera	III	400	1,875		40	5		—	
Grúa	III	230/400	7,8		45	5			
Cortadora de hormigón	III	400	6,87		30	5		—	
Tomas de corriente	II	230	4,2		35	5			

Notas:

- (1) Para el cálculo de sección de todos los conductores, se considerará canalización tipo E «cables multiconductores al aire libre» (tabla 1 ITC-BT 19), excepto para la derivación individual y la grúa, las cuales se canalizarán bajo tubo metálico flexible en «montaje al aire» (canalización tipo B).
 - (2) Para los aparatos con motores, se ha aplicado el factor de 1,25 a la potencia de la máquina según lo establecido en el punto 3 de la ITC-BT 47, excepto para la grúa, que al ser un aparato de elevación el factor a aplicar es de 1,3 según el punto 6 de dicha instrucción.
- Dibuja el esquema unifilar de la instalación teniendo en cuenta que:
 - a) Cada base o grupo de bases de corriente industrial, a la cual se conectan las clavijas para la alimentación de las máquinas, debe estar protegido por diferenciales de sensibilidad máxima de 30 mA, es decir, todas las máquinas excepto la grúa para la que podrá utilizarse un diferencial de 300 mA. En este caso se permite al no estar conectado mediante clavijas, siempre y cuando la resistencia de tierra sea menor de $50/0,3 = 166 \Omega$.
 - b) Al tener dos circuitos monofásicos (el alumbrado y las tomas de corriente monofásicas), es conveniente que estos circuitos no se conecten a la misma fase para evitar el desequilibrio del sistema trifásico.
 - Realiza el montaje del cuadro según se muestra en la figura 11.26.

Una vez realizado el esquema unifilar, monta el cuadro de distribución sobre el panel de pruebas y realiza lo que se describe a continuación:

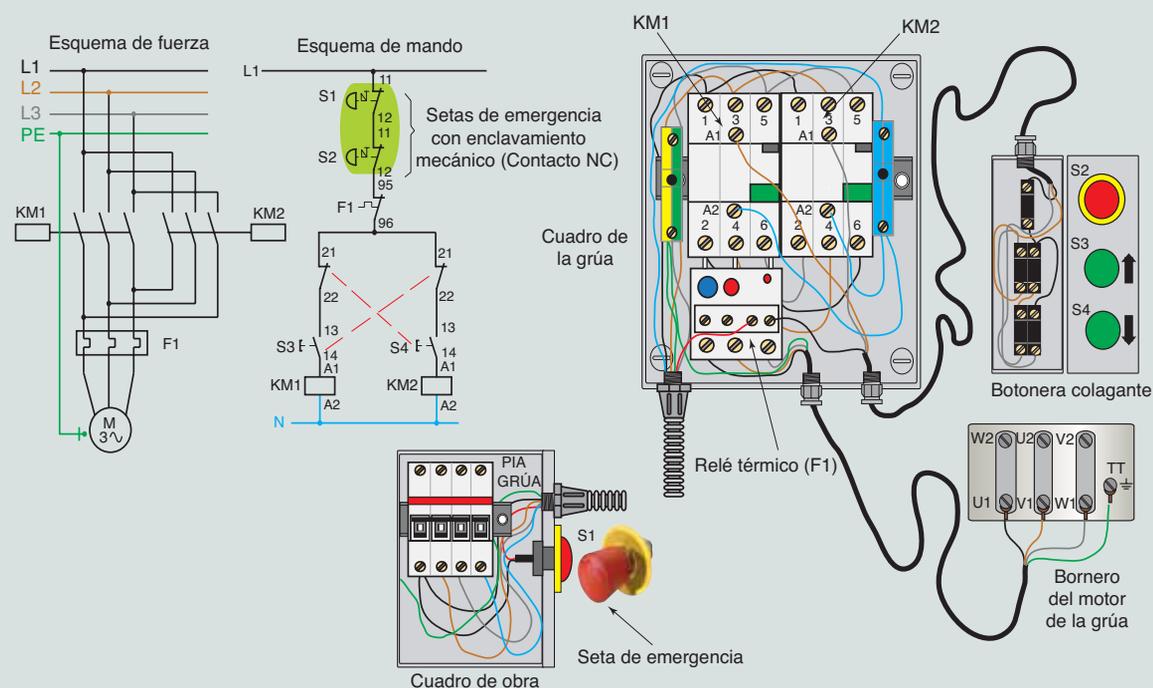
- a) Conecta con una manguera una clavija monofásica a una lámpara, y prueba las dos tomas de 16 A 2p+T.
- b) Conecta con una manguera una clavija trifásica a un motor, y prueba las dos tomas de 16 A 3p+T.
- c) Para la prueba de funcionamiento de la grúa realiza la actividad 4.



↑ **Figura 11.26.** Cuadro de distribución para la instalación eléctrica temporal de obras.



- 4. Según las prescripciones para aparatos de elevación, cada grúa debe tener uno o más mecanismos de parada de emergencia en todos los puestos de mando móviles. En este caso únicamente existe un puesto de mando, la botonera colgante, pero se desea alojar un botón de parada de emergencia en el cuadro de obra. Para dicho montaje realiza los siguientes apartados:
- Realiza una botonera colgante que incluirá un pulsador de subida, otro de bajada y una seta de emergencia.
 - Monta un cuadro de control para la grúa con dos contactores para la inversión de giro y un relé térmico.
 - Sobre el cuadro de obra que has realizado en la actividad 3, adosa una seta de emergencia con enclavamiento mecánico.
 - Dibuja el esquema de fuerza y mando, y realiza el montaje tal cual se muestra en la figura.
 - Prueba el funcionamiento de la grúa accionando los botones de subida, de bajada y los de enclavamiento. Como podrás comprobar, una vez realizada una parada de emergencia desde uno de los dos puestos, únicamente se podrá desenclavar desde el punto que realizó la parada, de esta forma se cumple lo prescrito en el punto 4.2 de la ITC-BT 32, donde establece que: «La reconexión solamente puede ser posible desde el dispositivo de control desde el cual se realizó el corte de emergencia».



↑ **Figura 11.27.** Esquemas y cuadro de control de la grúa de la instalación temporal de obras.

- 5. Realiza la actividad propuesta en la Práctica Profesional 2 de esta unidad.

entra en internet

- 6. Busca catálogos de diferentes fabricantes de luminarias de emergencia.
- 7. Busca la página de SAFE-RAIN y descarga el catálogo de materiales eléctricos utilizados en fuentes. Haz una relación de focos y cajas de conexión subacuáticas con el objetivo de familiarizarte con estos materiales.



PRÁCTICA PROFESIONAL 1

MATERIAL

- Para el cuadro general de mando y protección: un int. automático de 4x50 A, cuatro int. automáticos de 2x10 A, cuatro un int. automáticos de 2x16 A, un int. automático de 2x20 A, un int. automático de 4x20 A, dos diferenciales de 4x25 A/30 mA y un diferencial de 4x40 A/30 mA.
- Siete interruptores.
- Dos conmutadores simples.
- Dos pulsadores.
- Dos interruptores temporizados.
- Cinco bases de enchufe schuko de 16 A 2p+T.
- Una base de enchufe de 25 A 2p+T.
- Lámparas y portalámparas.
- Un aparato autónomo tipo X 0 *B** *60.
- Tubo corrugado de 16, 20 y 25 mm.
- Carril DIM, abrazaderas, cajas de registro, regletas de conexión, cable de diferentes secciones, etc.

Montaje de la instalación eléctrica de un bar-cafetería

OBJETIVO

Realizar el montaje de la instalación eléctrica del local de pública concurrencia propuesto en el **caso práctico** que se describe al inicio de esta unidad.

DESARROLLO

- El local se encuentra ubicado en la planta baja de un edificio de viviendas, y su equipo de medida se instala en la centralización de contadores de dicho edificio.
- La alimentación se realiza a 230/400 V.
- Longitud de la derivación individual: 27 m.
- Factor de potencia: 0,9.
- Coeficiente de simultaneidad: 1.

CIRCUITOS DE FUERZA

Circuito	III/II	Tensión (V)	Potencia (kW)	cos φ	Long. (m)
Botelleros y neveras	II	230	3,2	0,9	20
Tomas de corriente (salón)	II	230	3,03	1	25
Tomas de corriente de uso general	II	230	3,5	1	32
Cocina y horno eléctrico	II	230	4	1	28
Cafetera	II	230	2,6	1	10
Freidora	II	230	2	1	26
Aire acondicionado	III	400	8,2	0,9	18

CIRCUITOS DE ALUMBRADO

Circuito	cos φ	Longitud (m)
AL1 (Alumbrado de incandescencia de la barra y ornamental): 6 puntos de luz halógenos en la barra de 40 W cada uno, 4 puntos halógenos de 40 W ornamentales distribuidos en el salón y una luminaria de 2x36 W en el almacén.	0,9	22
AL2: 4 lámparas fluorescentes de 2x36 W para el salón, 2 lámparas fluorescentes de 36 W para la barra y 4 lámparas halógenas de 40 W para los aseos	0,9	25
AL3: 4 lámparas fluorescentes de 2x36 W para el salón y 2 lámparas fluorescentes de 36 W para la cocina.	0,9	30

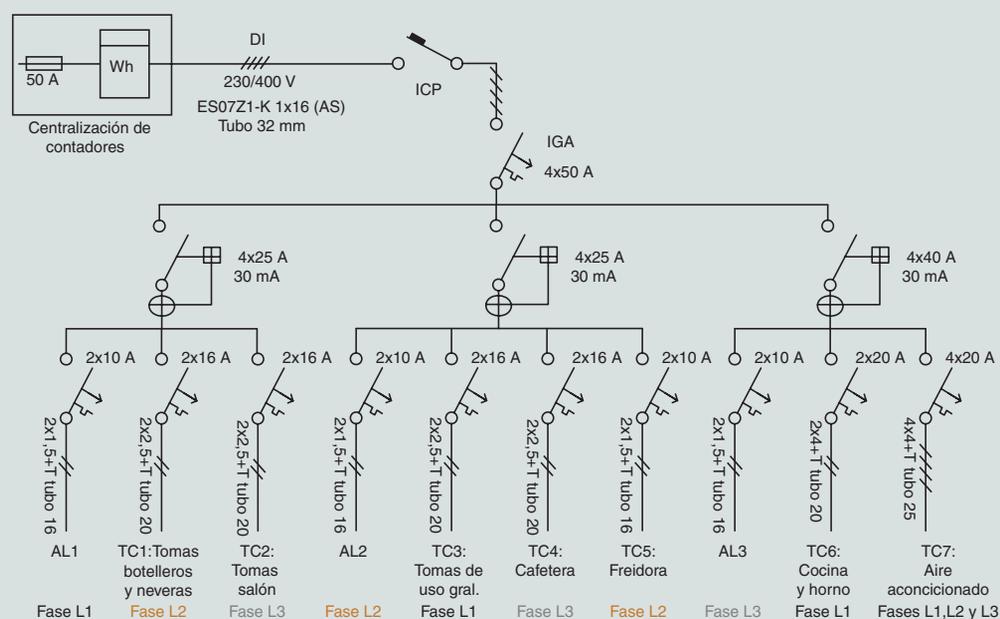


1. Realiza una tabla con los cálculos justificativos de secciones protecciones y tubos.

Denominación de la línea	III/II	Tensión (V)	Potencia (W)	L (m)	I (A)	Sección (mm ²) y aislamiento	c.d.t (%)	Canalización. Tipo de montaje y diámetro de tubos (mm)	Protección (A)
DI	III	230/400	30,54	27	48,97	ES07Z1-K 1x16 (AS)	1	Tubo empotrado. 32	50
AL1	II	230	0,52	22	2,51	ES07Z1-K 1x1,5 (AS)	3	Tubo empotrado. 16	10
AL2	II	230	0,8	25	3,86	ES07Z1-K 1x1,5 (AS)	3	Tubo empotrado. 16	10
AL3	II	230	0,64	30	3,09	ES07Z1-K 1x1,5 (AS)	3	Tubo empotrado. 16	10
Botelleros y neveras	II	230	3,2	20	15,45	ES07Z1-K 1x2,5 (AS)	5	Tubo empotrado. 20	16
Tomas de corriente (salón)	II	230	3,03	25	13,17	ES07Z1-K 1x2,5 (AS)	5	Tubo empotrado. 20	16
Tomas de corriente de uso general	II	230	3,5	32	15,2	ES07Z1-K 1x2,5 (AS)	5	Tubo empotrado. 20	16
Cocina y horno	II	230	4	28	17,39	ES07Z1-K 1x4 (AS)	5	Tubo empotrado. 20	20
Cafetera	II	230	2,6	10	11,3	ES07Z1-K 1x2,5 (AS)	5	Tubo empotrado. 20	16
Freidora	II	230	2	26	8,69	ES07Z1-K 1x1,5 (AS)	5	Tubo empotrado. 16	10
Aire acond.	III	400	10,25 ⁽¹⁾	18	16,43	ES07Z1-K 1x4 (AS)	5	Tubo empotrado. 25	20

⁽¹⁾: Se aplica un factor de 1,25 al ser un aparato que lleva motor.

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



Notas:

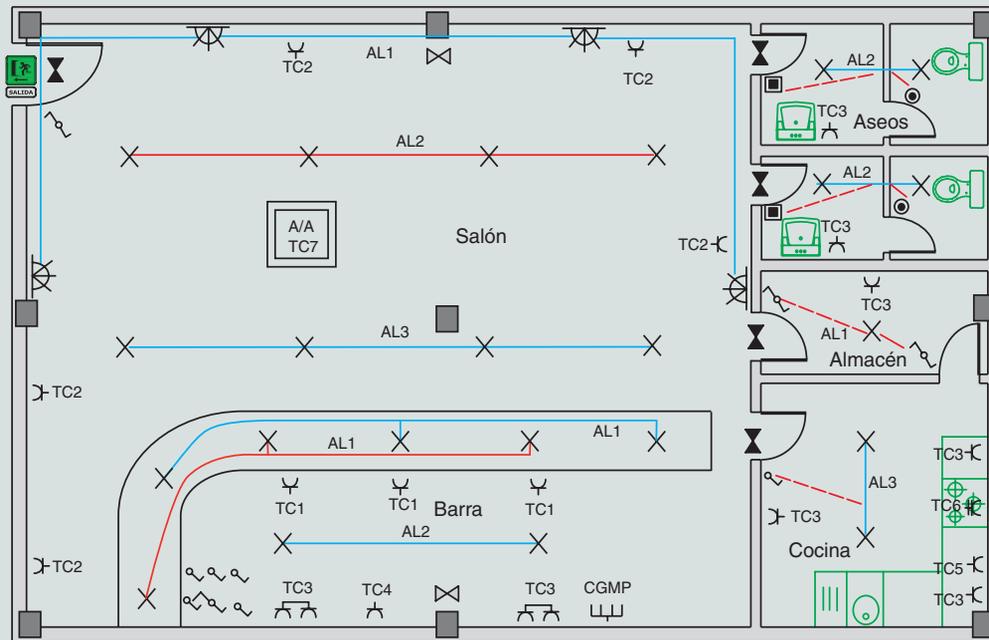
- (1) El alumbrado se distribuye en diferentes diferenciales para evitar que una derivación a masa en uno de ellos afecte a los otros.
- (2) Al disponer de alimentación trifásica, se realiza una distribución de cargas sobre el sistema trifásico con el fin de evitar un desequilibrio en el sistema.
- (3) Los diferenciales al ser tetrapolares, se calculan de tal forma que la suma de las intensidades de los calibres de los PIAs de los circuitos conectados a la fase mayor cargada, sea siempre menor o igual a calibre del diferencial (p.e para el segundo diferencial, la fase más cargada es la fase L2, a la cual se conectan los circuitos de alumbrado y freidora, es decir, la máxima intensidad que podrá circular por el diferencial será de: 10 + 10 = 20 A, motivo por el cual el calibre de éste es de 25 A.
- (4) Se prescinde de automático de protección para los aparatos de alumbrado de emergencia, éstos se conectarán directamente a los circuitos de alumbrado de cada zona.

↑ **Figura 11.28.** Esquema del CGMP de la cafetería.



PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

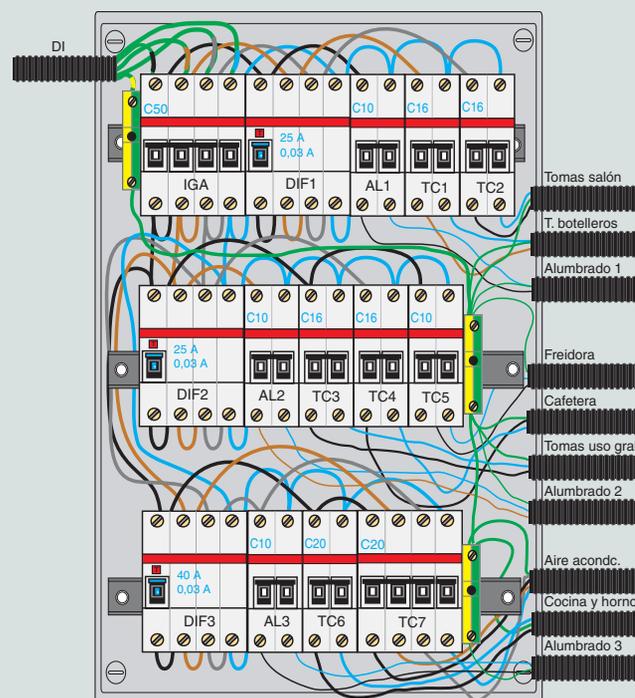
3. Realiza el esquema de distribución.



Nota: el alumbrado de emergencia se conectará a la línea correspondiente de la zona, pero en ningún caso se conectará a la salida del interruptor de accionamiento de las lámparas.

↑ **Figura 11.29.** Esquema de distribución de la instalación eléctrica de la cafetería.

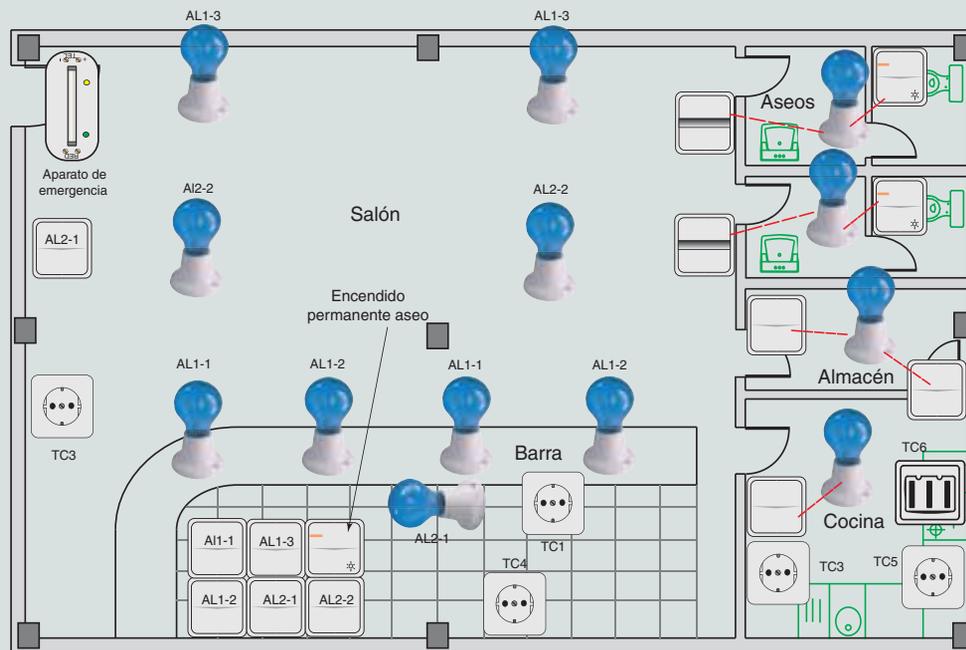
4. Realiza el montaje del Cuadro General de Mando y Protección.



← **Figura 11.30.** Esquema de montaje del CGMP de la cafetería.



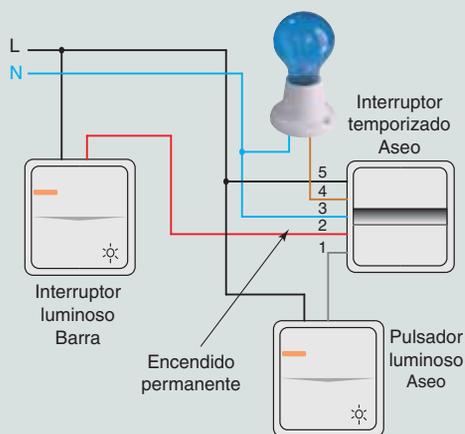
5. Realiza el montaje práctico de la instalación simplificándola según muestra la figura.



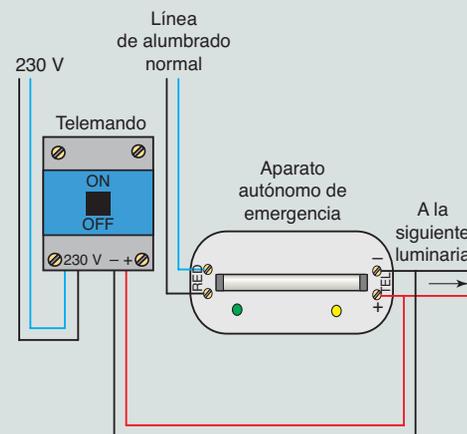
Nota: **ALn-x**: Indica el interruptor o conmutador que acciona a una lámpara o grupo de lámparas en paralelo, donde: << n >> indica el circuito de alumbrado al que pertenece y << x >> indica el interruptor de accionamiento.

↑ **Figura 11.31.** Esquema de montaje de la instalación eléctrica de la cafetería.

- Realiza una modificación en el circuito de accionamiento de los **interruptores temporizados** de los aseos. La modificación consiste en dotar de **encendido permanente** que permita desactivar la temporización en el aseo para labores de mantenimiento, limpieza, obras, etc., para ello se instala un interruptor luminoso en la barra como se muestra en la figura anterior, éste permite conectar el borne de encendido permanente de los interruptores temporizados a la fase.
- Conecta un **telemando**, tal como muestra la figura 11.33, a la luminaria de emergencia, de tal forma que dé la opción de «poner en reposo» el alumbrado de emergencia de la cafetería en periodos de vacaciones donde se hace una desconexión general de la alimentación. De esta forma los aparatos de emergencia quedan desconectados de la batería, evitando así que ésta se descargue innecesariamente y alargando así su vida útil.



↑ **Figura 11.32.** Montaje del encendido permanente de los aseos.



↑ **Figura 11.33.** Esquema de conexión del telemando para aparatos autónomos de emergencia.



PRÁCTICA PROFESIONAL 2

MATERIAL

- Para el cuadro de protección y mando: un interruptor automático de 4x20 A, un interruptor diferencial de 4x25 A/30 mA, un interruptor automático de 4x16 A y un interruptor automático de 2x10 A.
- Un transformador 230/12 V 150 VA.
- Un contactor trifásico de 20 A.
- Un contactor monofásico de 20 A.
- Dos relojes horarios de esfera.
- Cuatro lámparas de 12 V/35 W y cuatro portalámparas.
- Una caja de derivación de 100x100.
- Carril DIM, abrazaderas, regletas de conexión, etc.

Montaje de la instalación eléctrica de una fuente pública

OBJETIVO

Realizar el montaje de la instalación eléctrica de una fuente pública compuesta por una bomba surtidora y 4 lámparas alimentadas por transformador MBTS para la iluminación.

DESARROLLO

Bomba surtidora

La fuente posee una bomba surtidora sumergible de 1,5 CV, 400 V y $\cos \varphi = 0,88$.

Esta bomba se encarga de suministrar agua a presión al anillo central constituido por varias boquillas de salida de agua. Entrará en funcionamiento diariamente durante unos periodos de tiempo establecidos por un reloj horario, siendo dichos periodos los siguientes:

De 10:00 h a 14:00 h	Se activa cada 45 minutos durante un periodo de 15 minutos
De 14:00 h a 20:00 h	A lo largo de cada hora se mantiene activada 15 minutos y desactivada otros 15 minutos
De 20:00 h a 22:00 h	Se mantiene activada durante todo este periodo
De 22:00 h a 24:00 h	Se activa cada 45 minutos durante un periodo de 15 minutos
De 24:00 h a 10:00 h	Se mantiene desactivada

Alumbrado

El alumbrado se realiza mediante bajas tensiones de seguridad (MBTS) utilizando un transformador 230/12 V. También se utilizarán 4 lámparas de incandescencia de 12 V/100 W sumergidas bajo el anillo surtidor.

Las lámparas de la fuente se encenderán diariamente desde las 20:30 h hasta las 24:00 h.

Potencia total de la fuente

$$P = (1,5 \cdot 736 \cdot 1,25) + (4 \cdot 100) = 1,78 \text{ kW}$$

Como la potencia es menor que 5 kW, la instalación no necesita proyecto. (Consulta la tabla del punto 3.1 de la ITC-BT 04).

Notas:

⁽¹⁾ En toda fuente se debe instalar una red equipotencial suplementaria total, de tal forma que todas las partes conductoras (metálicas) accesibles, tales como surtidores, tuberías metálicas, o cualquier otro accesorio como báculos para iluminación metálicos, etc., deben estar interconectados por un conductor de red equipotencial.

⁽²⁾ Todos los equipos eléctricos (bombas, focos, cajas, racores, etc.) deben tener un grado de protección en el interior de la fuente (zona 0) IPX8.

⁽³⁾ Como se puede apreciar en la figura, la acometida de los cables a las cajas de conexión y focos se realiza mediante prensaestopas. Para asegurar un grado de protección IPX8 frente a la entrada de agua, las cubiertas de los cables y las juntas de los prensaestopas son de goma, de tal forma que la dilatación por cambios de temperatura es la misma en el prensaestopas que en el cable, evitando así la entrada de agua a las envolventes. Los tubos únicamente ofrecen la función de protección mecánica de los cables.



↑ **Figura 11.34.** Detalle de conexión de la red equipotencial de tierra y acometida a las envolventes en una fuente.



1. Calcula las características del transformador, del contactor de alumbrado, la sección de la línea de alumbrado y dibuja el esquema de distribución de la instalación eléctrica de la fuente.

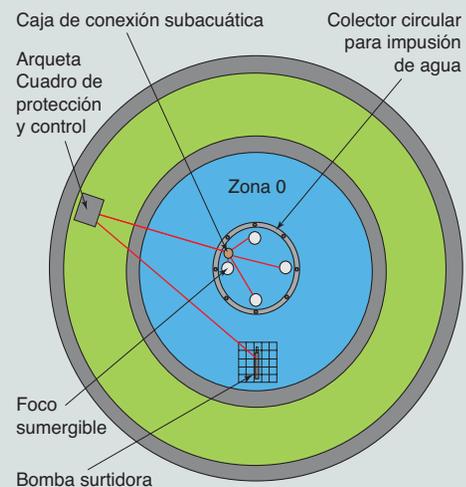
Dado que $S = V \cdot I$ y $P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$, la potencia del transformador será: $S = 400 \text{ VA}$; ya que $\cos \varphi = 1$ al ser lámparas incandescentes.

- La intensidad que consumen las lámparas es:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{400}{12} = 33,3 \text{ A}$$

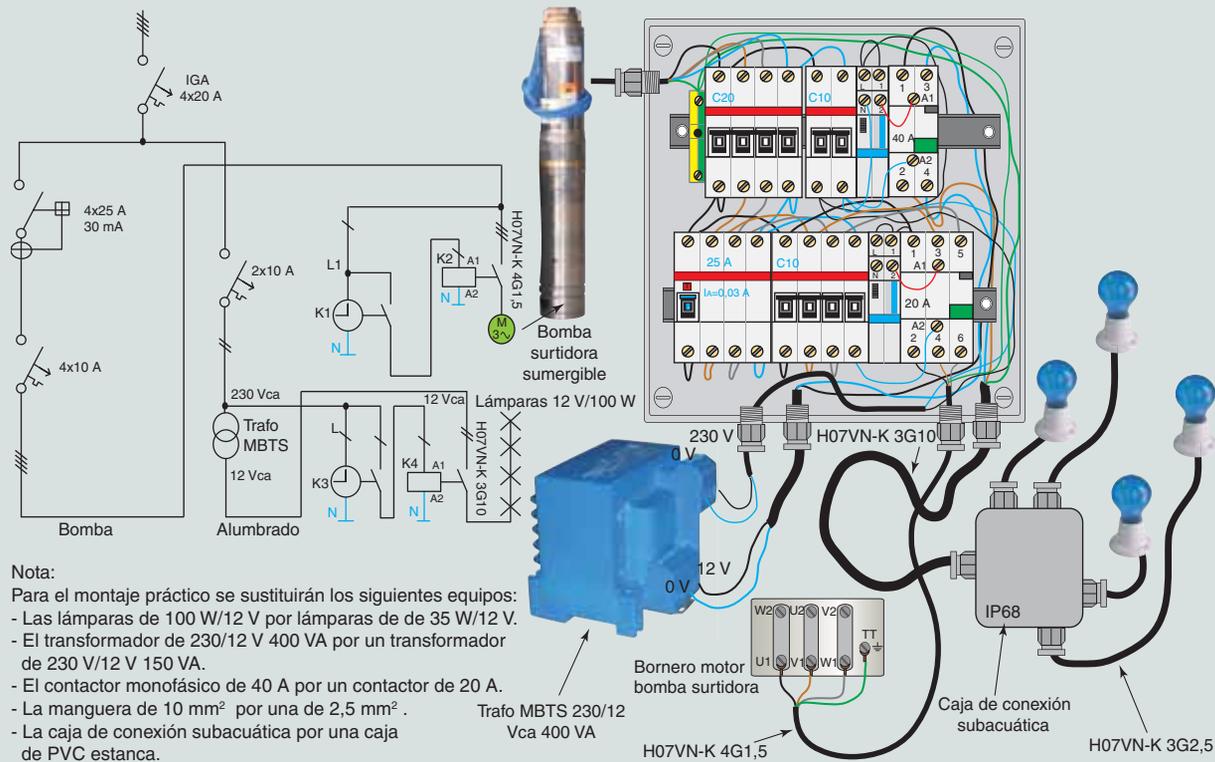
Según esto, no se podrán activar directamente mediante el interruptor horario, sino que necesita un **contactor de 40 A**.

- La sección de la línea que alimenta a los 4 focos vendrá dada solamente por su I_{\max} , ya que al ser un tendido de poca longitud, la caída de tensión es despreciable.
- Se utilizará una manguera con aislamiento de PVC y cubierta de goma tipo **H07VN-K**, con sistema de instalación «C», con lo que según la tabla I de la ITC-BT-19 obtendríamos una **sección de 10 mm²**. La sección de las mangueras que alimentan a cada foco será de **2,5 mm²** (4 veces inferior).



↑ **Figura 11.35.** Esquema de distribución de la instalación eléctrica de la fuente.

2. Dibuja el esquema unifilar del cuadro de distribución y realiza el montaje de la instalación.



Nota:

- Para el montaje práctico se sustituirán los siguientes equipos:
- Las lámparas de 100 W/12 V por lámparas de 35 W/12 V.
 - El transformador de 230/12 V 400 VA por un transformador de 230 V/12 V 150 VA.
 - El contactor monofásico de 40 A por un contactor de 20 A.
 - La manguera de 10 mm² por una de 2,5 mm².
 - La caja de conexión subacuática por una caja de PVC estanca.

↑ **Figura 11.36.** Esquema unifilar y de montaje del cuadro de protección y control de la instalación eléctrica de la fuente.

3. Realiza el montaje según el esquema, y una vez acabado gira de forma manual los relojes de esfera y prueba el funcionamiento de la bomba y las lámparas.

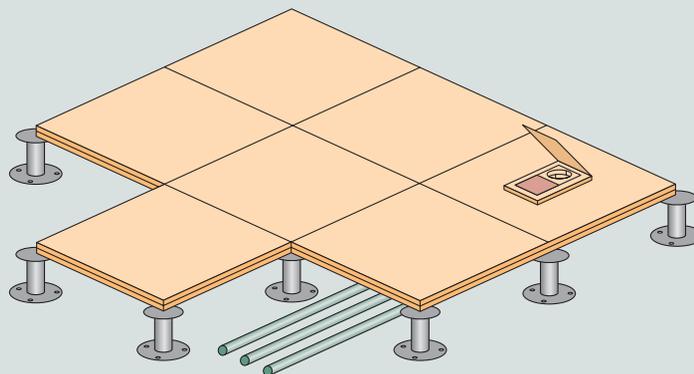


MUNDO TÉCNICO

Canalizaciones eléctricas bajo suelo técnico

Una forma de realizar canalizaciones es mediante suelo técnico, también denominado falso suelo. Este sistema es muy empleado sobre todo en oficinas, donde se permite realizar las canalizaciones eléctricas y de telecomunicaciones de forma fácil, a la vez que facilita las labores de mantenimiento, modificaciones, etc.

Como se puede observar en la figura 11.38, cada baldosa es fácilmente retirable mediante una ventosa, esto permite acceder fácilmente a la canalización y realizar las modificaciones oportunas según necesidades, pudiendo adosar sobre el mismo suelo bases de corriente o bases de telecomunicaciones.



↑ **Figura 11.37.** Estructura de un suelo técnico.

Este tipo de canalizaciones son tratadas igual que los falsos techos, es decir, se trata de una canalización en huecos de la construcción.

Bajo dicho suelo se podrán alojar tubos, canaletas, bandejas o bien conductores asilados con cubierta.

- Bajo tubo: los conductores podrán ser unipolares o multiconductores de tensión asignada mínima de 450/750 V.



↑ **Figura 11.39.** Caja especial para suelo técnico con bases de corriente y de telecomunicaciones.

- Bajo canales: los conductores serán de tensión asignada mínima de 450/750 V y con cubierta.
- Si los conductores van directamente sobre el suelo, éstos serán aislados y con tensión asignada mínima de 0,6/1 kV.



↑ **Figura 11.38.** Detalle de canalización bajo suelo técnico.

Las derivaciones se podrán realizar mediante cajas de registro, o bien se podrán dejar clavijas en diferentes puntos en previsión de una posible instalación de nuevas bases de corrientes o modificaciones en la ubicación de las mismas, o incluso se podrán realizar en las mismas bases de corriente.



EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Un consultorio médico es un local de pública concurrencia:
 - Siempre.
 - Depende de la superficie.
- En un edificio con 34 viviendas, deberá instalarse alumbrado de evacuación:
 - No.
 - Sí.
 - Depende del número de plantas.
- Un aparato autónomo no permanente, con dispositivo de verificación, con puesta en estado de reposo y autonomía de una hora, tendrá un marcado de:
 - X 0 *B** *60
 - X 1 AB** 120
 - X 0 AB** 60
- En una lavandería las cajas de derivación tendrán un grado de protección:

a) IP4X	c) IK08
b) IPX5	d) IPX1
- Clasifica los siguientes locales de características especiales:

Almacén de productos químicos	
Tintorería	
Cámara frigorífica	
Cámara de congelación	
- ¿A qué altura como mínimo se pueden instalar canalizaciones eléctricas en una piscina?:
 - 2,5 m sólo dentro de la zona 0.
 - 2,5 m dentro de las zonas 0, 1 y 2.
 - A cualquier altura, siempre que sean estancas.
- ¿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
---------	--------	--------
- En instalaciones provisionales o temporales de obra, se admiten diferenciales de sensibilidad máxima de:

a) 30 mA	b) 300 mA	c) 500 mA
----------	-----------	-----------

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

PRÁCTICA PROFESIONAL

Montaje de un entrenador de averías y ensayos

MUNDO TÉCNICO

Mantenimiento mediante termografía

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.



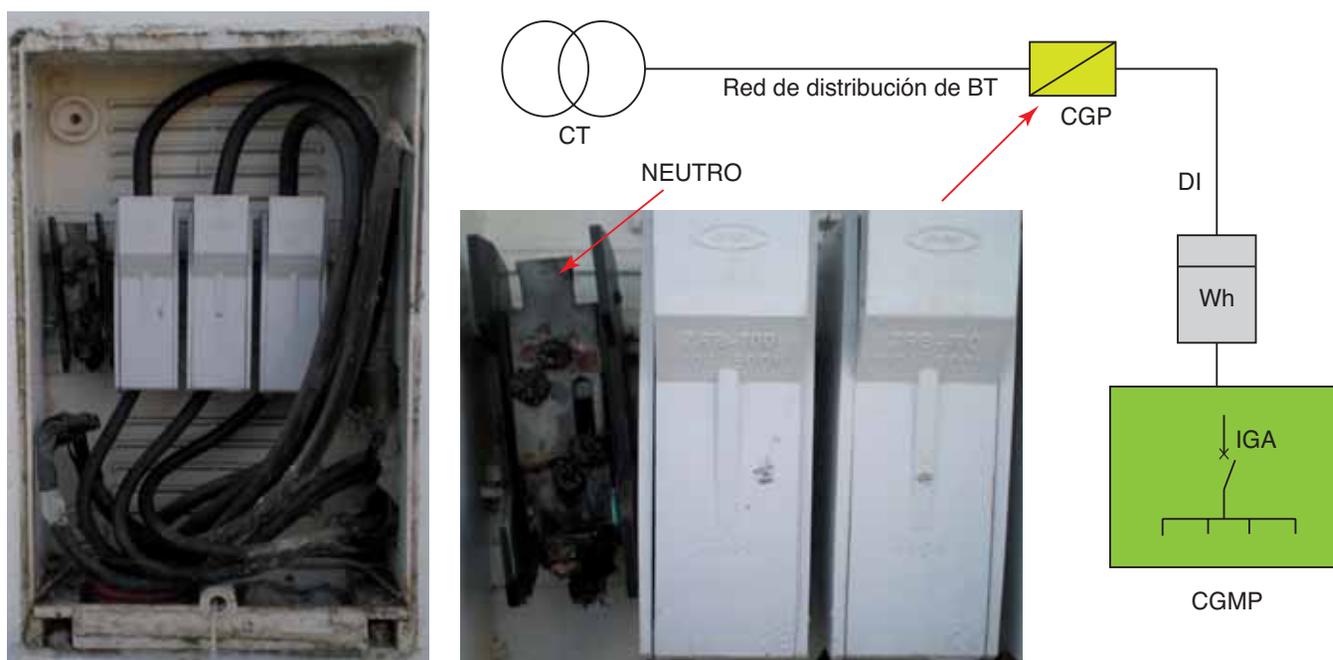
CASO PRÁCTICO INICIAL

situación de partida

Un instalador recibe un aviso telefónico de un restaurante. En él se ha producido una avería, los motores de las cámaras frigoríficas producen un ruido anormal y los puntos de luz emiten un flujo por encima de lo habitual, habiéndose fundido uno de ellos antes de haber sido cortado el suministro trifásico (230/400 V) de dicha instalación.

Tras analizar el caso y decidir cuál va a ser el procedimiento a seguir, deduce que se debe tratar de una sobretensión por la interrupción del neutro, motivada por una de las siguientes causas:

- Defecto en el Centro de Transformación de la compañía suministradora.
- Defecto de maniobras en la red de distribución al realizar conexiones.
- Defecto de enganche en la acometida.
- Defecto de conexiones en la CGP o en el equipo de medida del restaurante.
- Defecto en el IGA en caso de ser tetrapolar y no tripolar.



Detalle del estado de la Caja General de Protección del local

↑ **Figura 12.1.** Estado en el que el instalador encuentra la caja general de protección del restaurante.

estudio del caso

Antes de empezar a leer esta unidad de trabajo, puedes contestar las dos primeras preguntas. Después, analiza cada punto del tema, con el objetivo de contestar al resto de las preguntas de este caso práctico.

1. ¿Qué tipo de sobretensiones se pueden dar en una instalación y cuál es el dispositivo para evitarlas?
2. ¿Qué aparato se debe utilizar para identificar la avería producida en el restaurante?
3. ¿Cuáles pueden ser las causas del fallo en una conexión eléctrica?
4. ¿Cuándo se debe emplear un automático tripolar o tetrapolar en una línea trifásica?
5. En función de la situación de la avería producida en el restaurante, ¿de quién es la responsabilidad de repararla?
6. ¿Por qué los motores monofásicos instalados en el local del caso práctico inicial producen un ruido anormal?



1. Tipos de mantenimiento

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

recuerda

Los medios técnicos requeridos por el REBT al instalador electricista autorizado se hallan recogidos en la unidad 3.

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.

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, y las inspecciones iniciales las efectúan las OCAs. Sin embargo, tanto las verificaciones como inspecciones constan de las mismas pruebas y ensayos. Ambas comprenden dos fases diferentes:

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.



Racor suelto: los cables quedan sin protección mecánica y no hay estanqueidad.

Cuadro con bornes accesibles, con lo cual no existe protección contra contactos directos.

↑ **Figura 12.2.** 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.

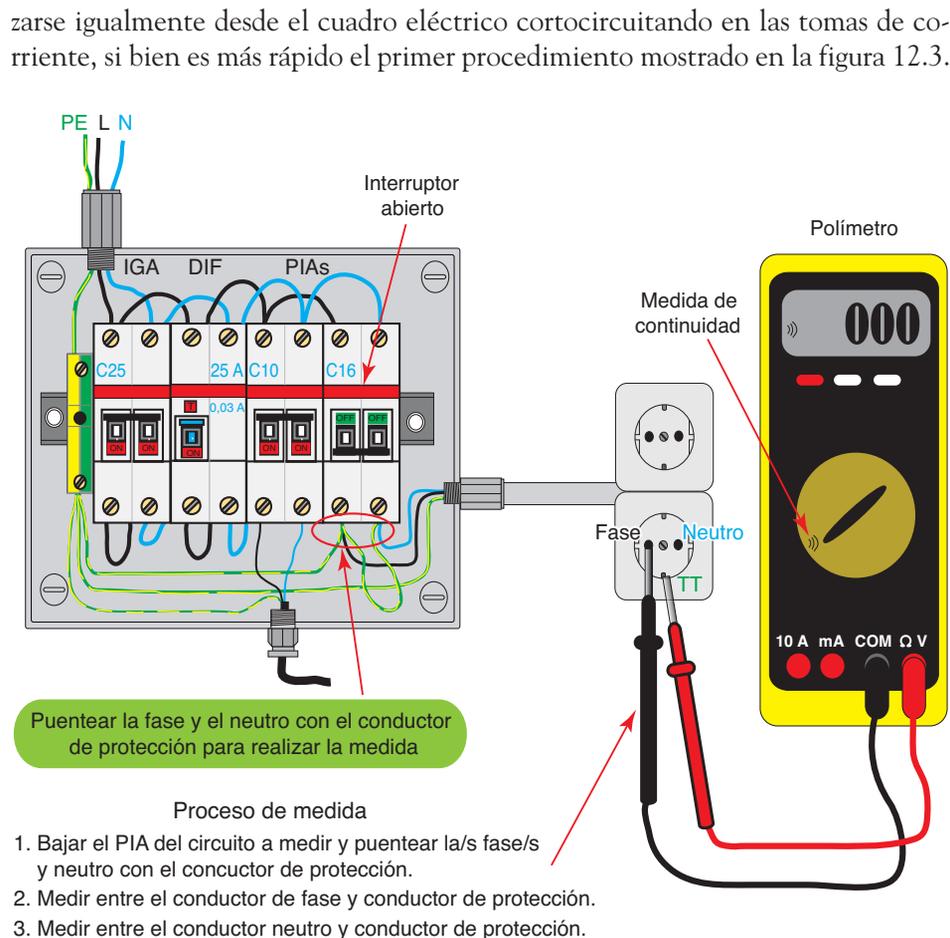
Medida de continuidad de los conductores de protección

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 **óhmetro**). 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 reali-



→ **Figura 12.3.** Medida de continuidad de los conductores de protección.



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 la 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 **te-lurómetro (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 7.40 y 7.41.

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 1.666 ohmios, sin embargo es conveniente dejarla muy por debajo de este valor para facilitar mayor celeridad en la desconexión del diferencial.

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 su medida se emplea un **medidor de aislamiento** que proporciona, con dos puntas de prueba, una tensión continua de ensayo dada por la tensión nominal de la instalación según refleja la siguiente tabla:

recuerda

Cuando el emplazamiento no permite clavar las picas auxiliares, se recurre a envolver las picas auxiliares en bayetas mojadas con agua salada.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo CC (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	≥0,25
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	≥0,5
Superior a 500 V	1000	≥1,0

↑ **Tabla 12.2.** Resistencia mínima de aislamiento de una instalación en función de su tensión nominal y tensión de ensayo.

Se realizan **sin tensión de alimentación**, y preferentemente en los cuadros de distribución. Las medidas 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.

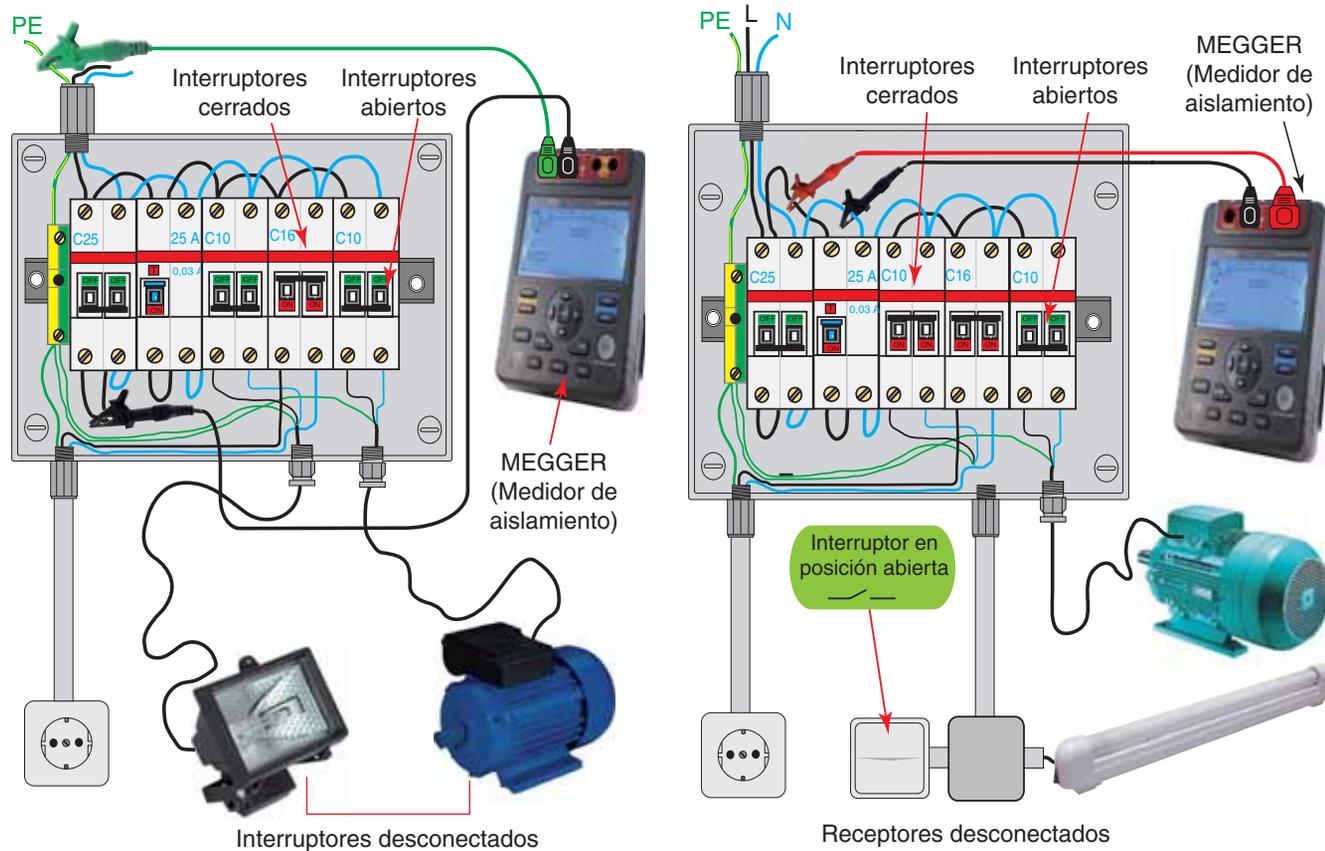
Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la **tabla 12.2**. Si el valor obtenido no es admisible, habrá que ir probando cada conductor activo por separado respecto al conductor de protección.

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 que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento correspondiente según la tabla 12.2.

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 12.4. Medida de resistencia de aislamiento entre conductores activos y conductor de protección.

↑ Figura 12.5. 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 $0,5 \text{ M}\Omega$, también será correcta. El procedimiento de medida en este caso es el indicado en la figura 12.6.

Medida de 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:

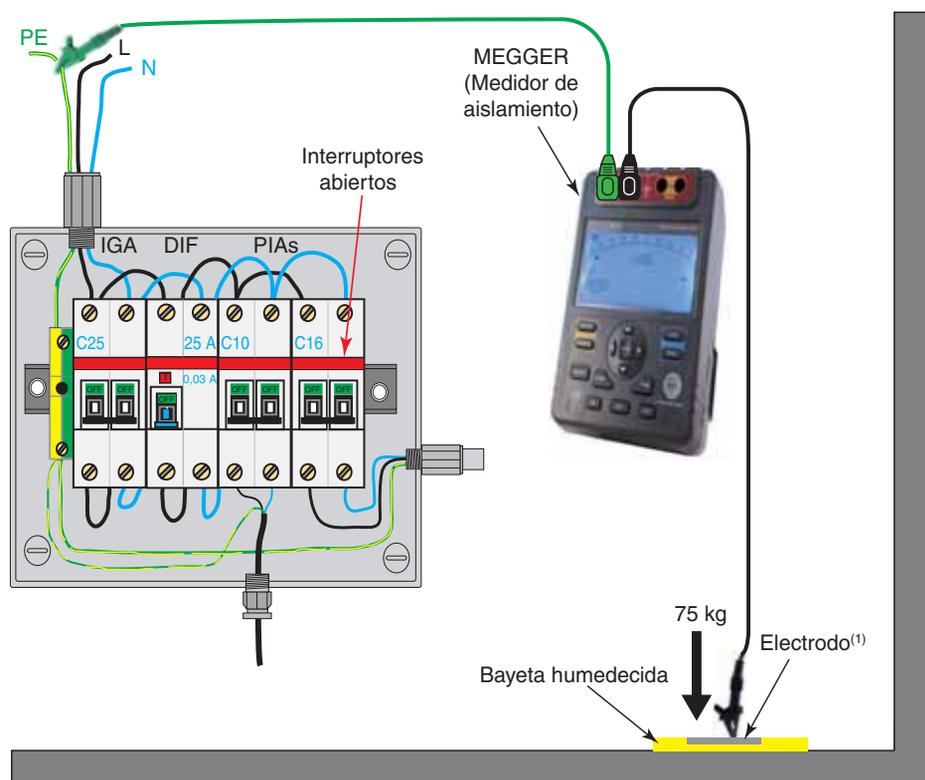
- $50 \text{ k}\Omega$ si la tensión nominal de la instalación es inferior a 500 V .
- $100 \text{ k}\Omega$ si es superior a 500 V e inferior a 1000 V .

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 12.7 y la otra punta unida al conductor de protección de la instalación. Antes de efectuar las medidas, la superficie a ensayar se



↑ Figura 12.6. Medida de aislamiento de un receptor.

moja o se cubre con una tela húmeda, y durante la medida, se aplica sobre el electrodo una fuerza de alrededor de 750 N (75 kg) ó 250 N (25 kg), según se trate de suelos o paredes respectivamente.



(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 12.7.** 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.

Medida de la rigidez dieléctrica

Esta prueba mide la corriente de fuga a través del aislamiento de la instalación cuando ésta 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.

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.

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 K Ω .



↑ **Figura 12.8.** Medidor de fuga (FLUKE).

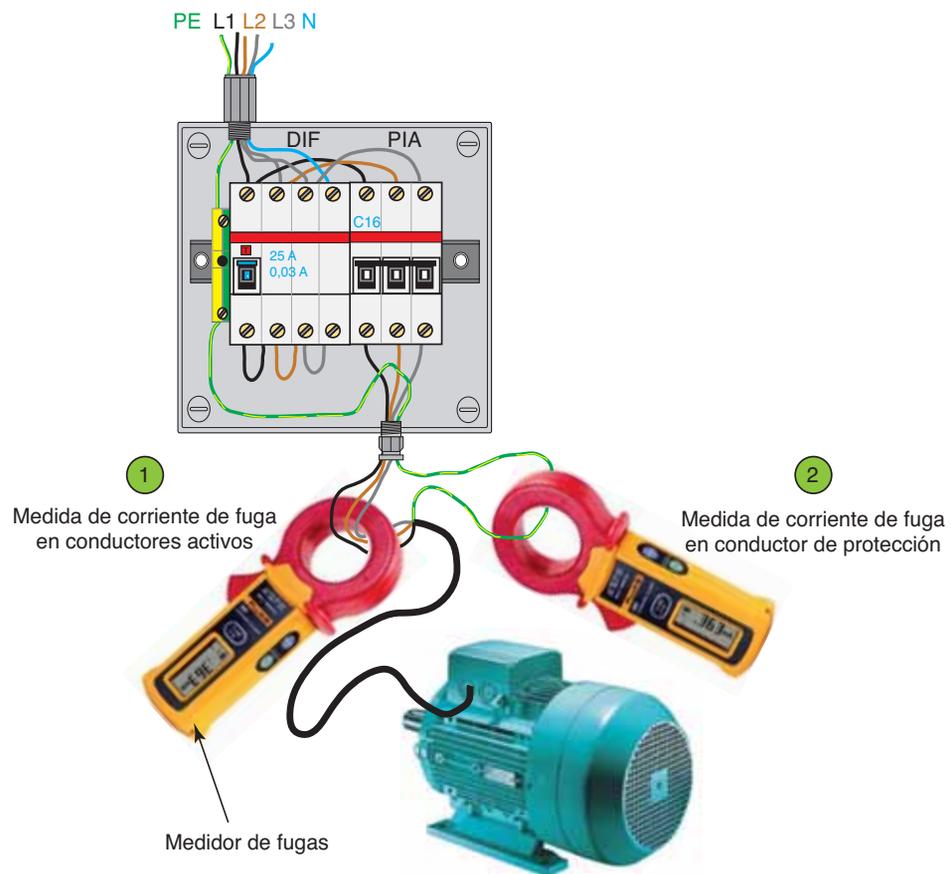


Para la medida de corriente de fuga se necesita una pinza amperimétrica que sea capaz de medir con precisión corrientes muy pequeñas, del orden de mA. La medida se efectúa en los cuadros de distribución abrazando **todos** los conductores activos (fase y neutro), de tal forma que si la diferencia entre 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.

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 esta corriente persiste durante 500 ms o más.



↑ Figura 12.9. Medida de la corriente de fugas.

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 12.10. Comprobador de diferenciales (KYORITSU).

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:

$$R_B = R_{t.\text{instalación}} + R_{t.\text{transf.}} + R_{t.\text{bobinado-transf.}} + R_{\text{conductor} \rightarrow \text{fase}}$$

Como el valor de R_B es muy superior al resto, se utiliza la aproximación siguiente:

$$R_B \approx R_{t.\text{instalación}}$$

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 a las instalaciones relacionadas en la tabla 12.1.

Igualmente establece inspecciones con carácter periódico cada 10 años a 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 4000 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.

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, éste sea capaz de interrumpir la alimentación para eliminar el posible choque eléctrico en un tiempo determinado.



↑ Figura 12.11. Medidor de bucle (KYORITSU).



↑ Figura 12.12. Medidor de secuencia de fases (FLUKE) e indicador de sentido de fases (KYORITSU).

saber más

Existen en el mercado cámaras termográficas que capturan simultáneamente una imagen térmica radiométrica superpuesta con una imagen de luz visible. La imagen así obtenida muestra: por un lado, las temperaturas de la superficie; y por otro lado, una imagen de luz visible que facilita la identificación de los elementos.



↑ **Figura 12.13.** Cámara termográfica (FLUKE).

- 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.
- El uso de cobre y aluminio puede conllevar problemas de corrosión galvánica 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 12.14.** Dado que no existen diferenciales 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.



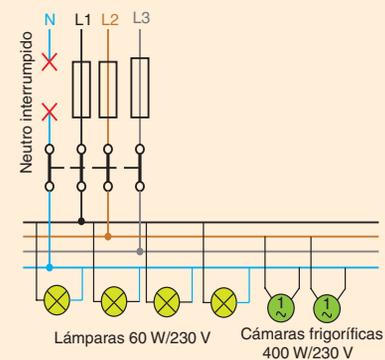
↑ **Figura 12.15.** Diferencial quemado por falta de protección.

1. (Caso práctico inicial). Representa en el esquema de la figura, qué resulta de la interrupción del neutro, 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:

- Indica qué receptores sufren sobretensión y cuál de ellos bajada de tensión.
- ¿Existe algún dispositivo de protección contra este tipo de sobretensión? ¿Dónde se conectaría?



↑ **Figura 12.16.** 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.7.2)	Revisar aislamiento y alejamiento de las partes activas e imprudencia del personal
	Contacto Indirecto (fig.7.2)	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 de tipo «S»
Diferencial sobrecalentado o quemado (fig.12.14)	Falsean sus conexiones	Apretar bornes de conexión o sustituir el diferencial
	No protegida su intensidad nominal (fig.7.25)	Cambiar el diferencial por otro de mayor calibre o aumentar el calibre del IGA
Disparo del magnetotérmico/fusible de un circuito	Sobrecarga (fig.7.4)	Desconectar receptores del circuito o subir el calibre de la protección (cambiando la sección correspondiente)
	Cortocircuito (fig.7.4)	Formación del personal o reparación del 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.7.20)	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 (fig.12.1)	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	Formación del personal
	Interrupción del neutro por corrosión galvánica (caso práctico inicial fig. 12.1)	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

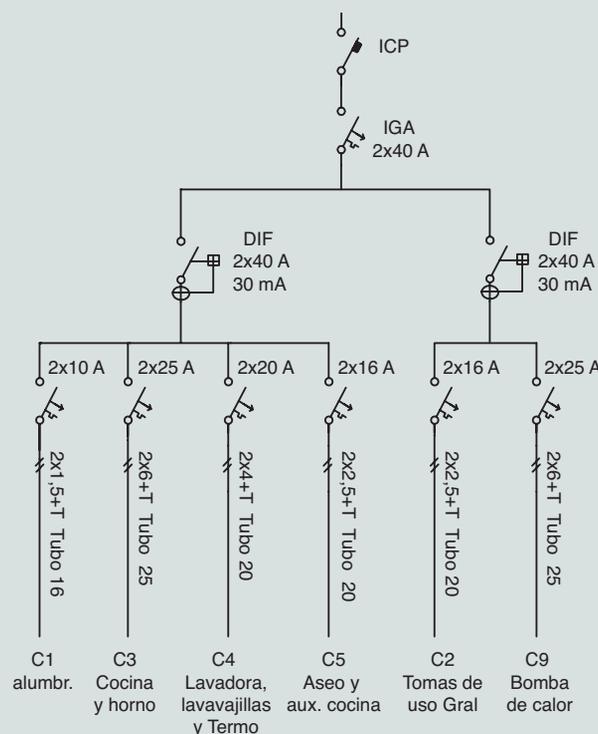
↑ **Tabla 12.3.**

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 40Ω ; 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 $V_c=50V$		
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 del siguiente, indica el procedimiento a seguir y representa un nuevo esquema con el objeto de identificar el circuito afectado.



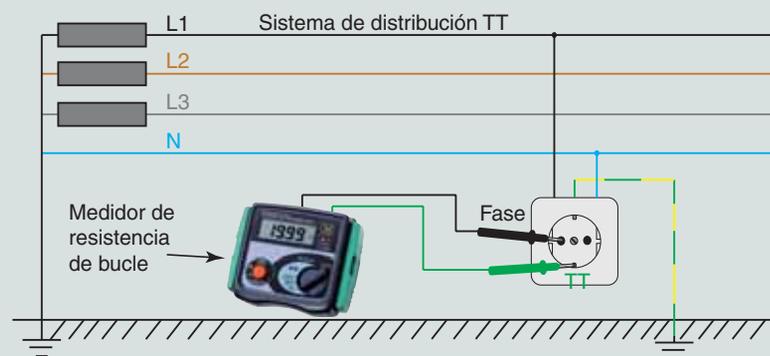
↑ **Figura 12.17.** Esquema unifilar del CGMP de la vivienda.



↑ **Figura 12.18.** Utilización del buscapolos para la búsqueda de derivaciones a masa.

Nota: como existen pequeños defectos de aislamiento que sólo 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.

- 4. En el esquema de la figura 12.19:
- 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 12.19. 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.

entra en internet

- 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 12.20. Diferentes equipos de medida.

PRÁCTICA PROFESIONAL

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 60 W.
- Una resistencia bobinada de 5,7 k Ω /10 W y otra de 8 k Ω /10 W.
- Dos tomas de corriente 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 éste queda bajo tensión de retorno desde el motor.

DESARROLLO

El cuadro se compone de IGA y 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).

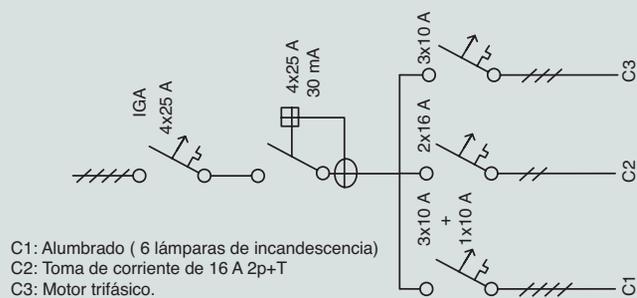
C2: Circuito monofásico que alimenta dos tomas protegido mediante un automático 2×16 A. En él se realizarán los siguientes ensayos y averías:

- 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).

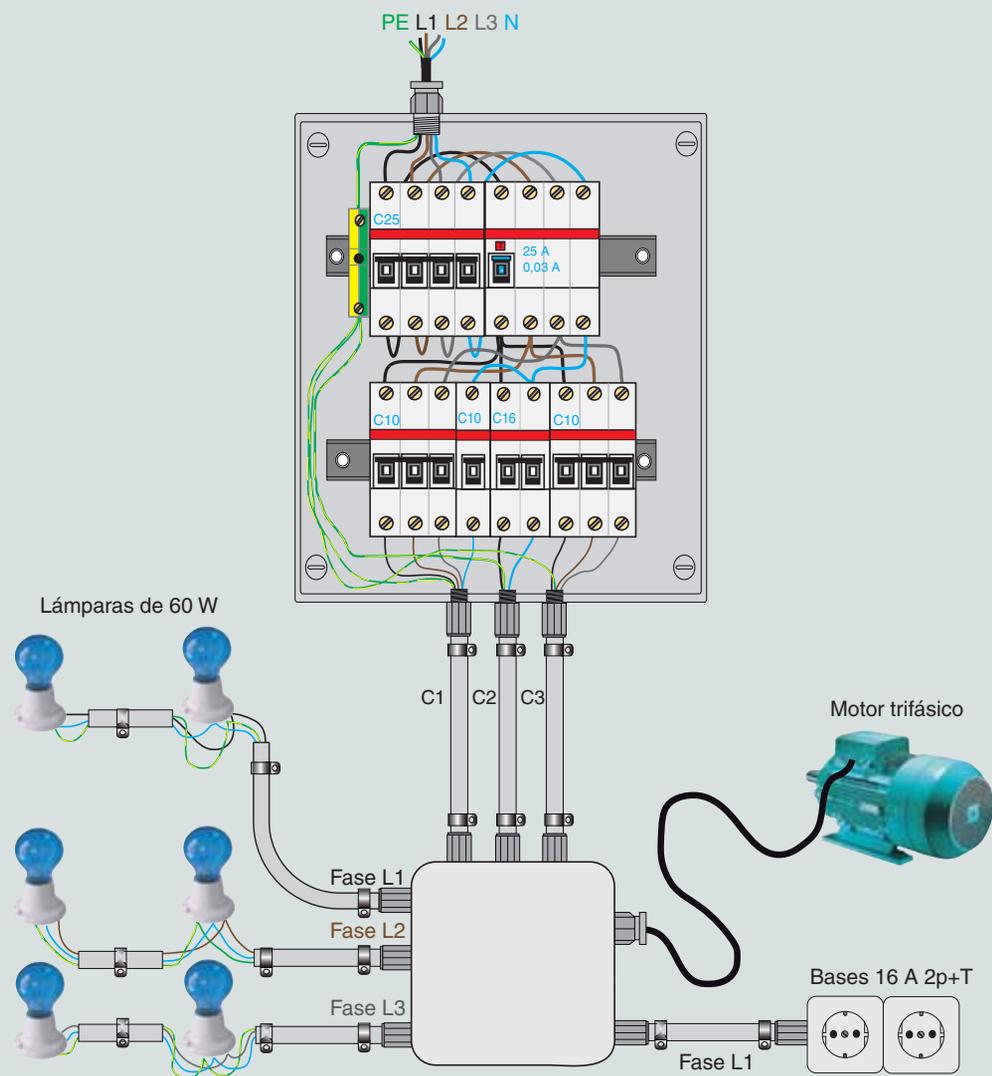
1. Dibuja el esquema unifilar del cuadro general de mando y protección.



Nota: para la realización de la avería 1 se utilizará el circuito de alumbrado con 6 lámparas. De esta forma se conectarán dos lámparas a cada fase. Sin embargo, para simular la interrupción del conductor neutro se utilizará un interruptor tripolar para las fases y un unipolar para la conexión del conductor neutro.

↑ **Figura 12.21.** Esquema unifilar del CGMP.

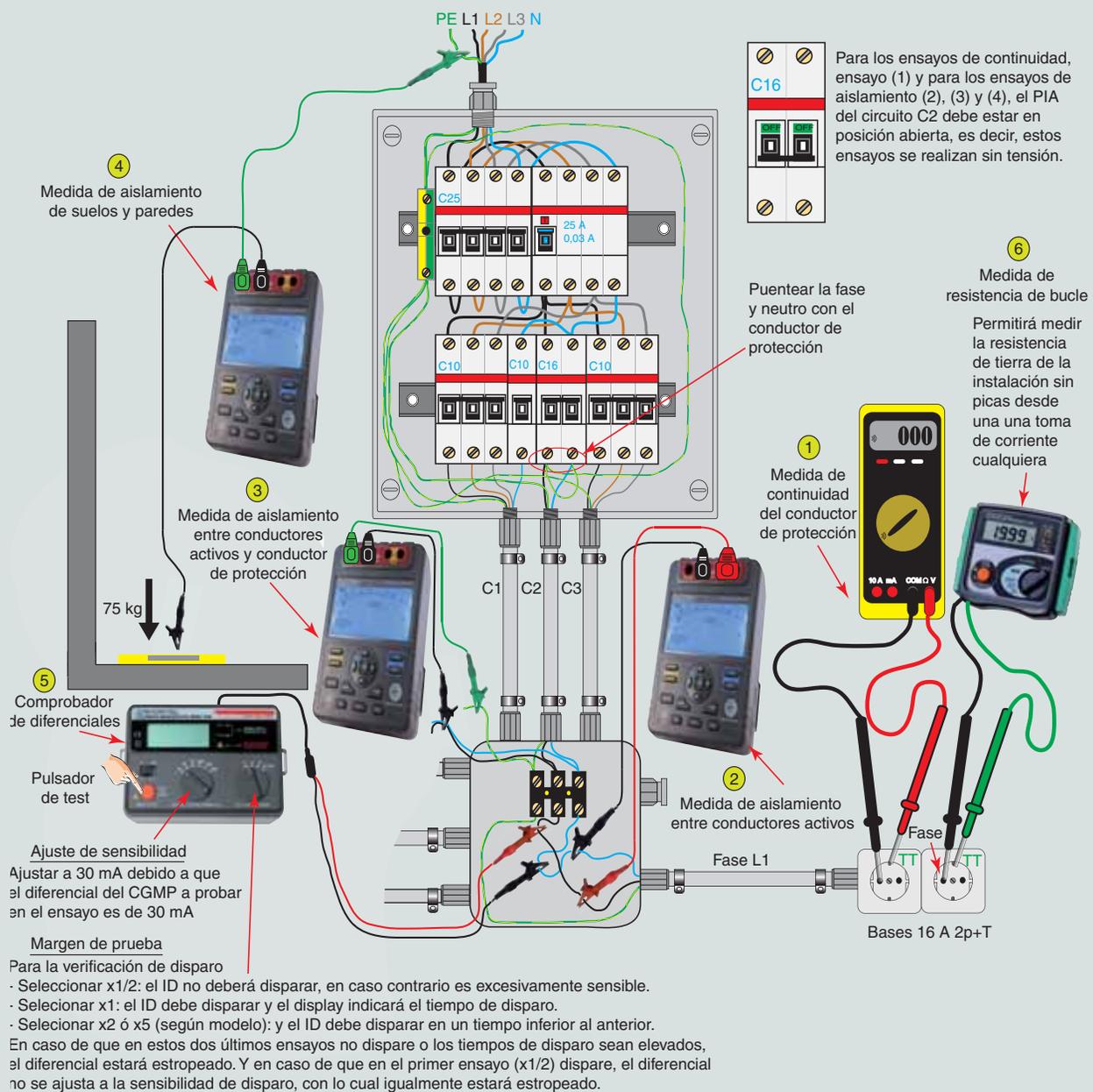
2. Realiza el montaje sobre el panel de pruebas del entrenador tal como muestra la figura.



↑ **Figura 12.22.** Esquema de montaje del entrenador de averías.

PRÁCTICA PROFESIONAL (cont.)

3. Realiza los ensayos reflejados en la figura 12.23 sobre el circuito C2, y completa una tabla con los resultados obtenidos.



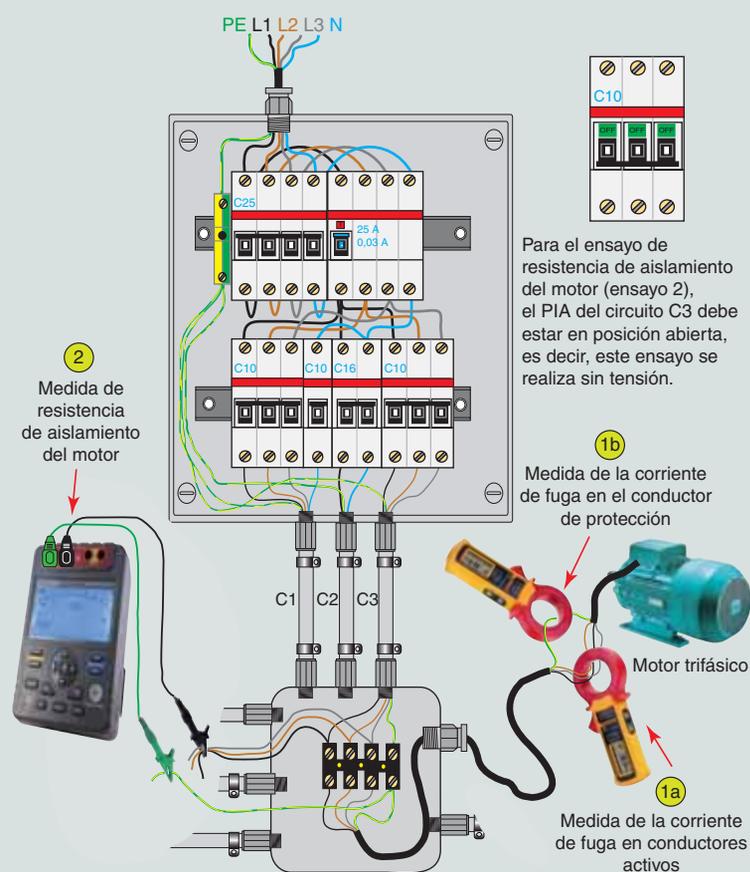
↑ **Figura 12.23.** Ensayos para el circuito.

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	___ Ω

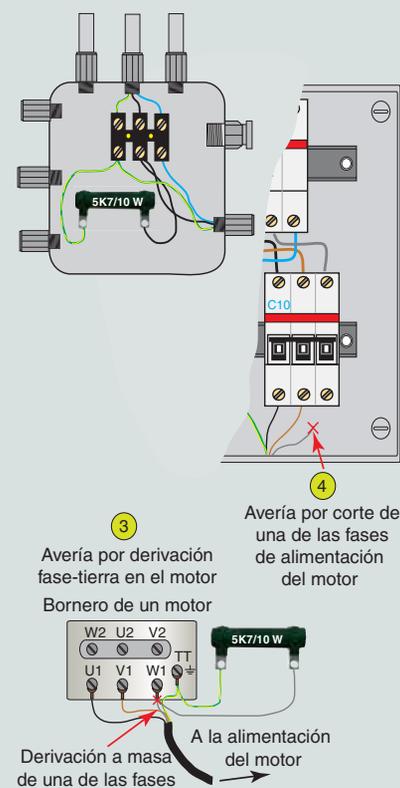
(1) Indica SÍ o NO hay continuidad. (2) Indica SÍ en caso de dispararse el diferencial, reflejando los tiempos de disparo. En caso contrario indica NO. Si el diferencial dispara en el ajuste de x1/2, indica «DIF Sensible».

↑ **Tabla 12.4.** Resultados obtenidos en los ensayos realizados en el circuito C2.

4. Realiza los ensayos reflejados en la figura 12.24 sobre el circuito C3, y completa una tabla con los resultados obtenidos.



↑ Figura 12.24. Ensayos para el circuito C3.



↑ Figura 12.25. . Detalle de averías.

Nº	Ensayo	Medida
1	Medida de corriente de fuga 1a/1b	___ mA/ ___ mA
2	Medida de resistencia de aislamiento	_____ MΩ

← Tabla 12.5. Resultados obtenidos en los ensayos realizados en el circuito C3.

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 12.25): en el circuito C2 corta el suministro 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 los automáticos para que esta avería solo afecte al circuito C2. Repítelo con una resistencia de 8 kΩ y mide con la pinza de fugas la derivación correspondiente.
- Avería 3 (figura 12.25): 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 12.25): 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.

MUNDO TÉCNICO

Mantenimiento mediante termografía

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.

La física permite convertir las mediciones de radiación infrarroja en medición de temperatura. La radiación emitida se mide en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas. Todo cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, -273 °C (cero absoluto) emite radiación infrarroja. La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, por tanto no es percibida por el ojo humano.

Las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos capacitados para «ver» en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar a distancia la temperatura de su superficie, en tiempo real y sin contacto.

La cámara termográfica 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.

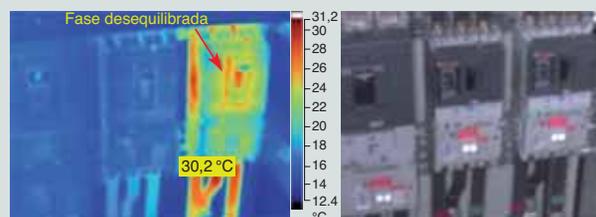
LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

La mayoría de los incendios no provocados son debido 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 herramienta imprescindible en el mantenimiento de dichas instalaciones, al poder comprobar el estado de las mismas sin la desconexión o parada de los equipos.

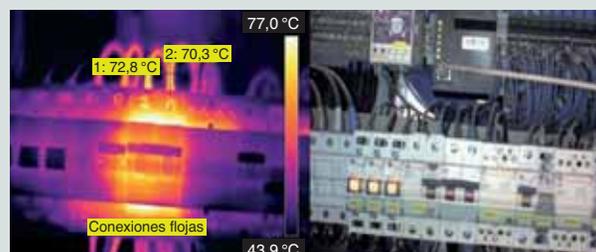
La termografía puede evaluar:

- Sobrecalentamientos por conexiones defectuosas (flojas, oxidadas, etc.).
- Sobrecalentamiento en los conductores.
- Desequilibrio de fases.
- Realización de históricos de equipos transformadores.
- Inspecciones en líneas de AT y BT y transformadores.

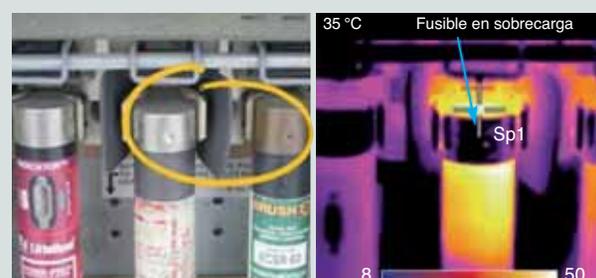
Como podemos apreciar en las figuras, gracias a las cámaras termográficas se ha podido detectar un desequilibrio de fases en un sistema trifásico, un calentamiento en bornes de un interruptor automático con mala conexión y dos fusibles sobrecargados en una instalación equilibrada, debido a que estos últimos están mal calibrados.



↑ Figura 12.26. Desequilibrio de fases.

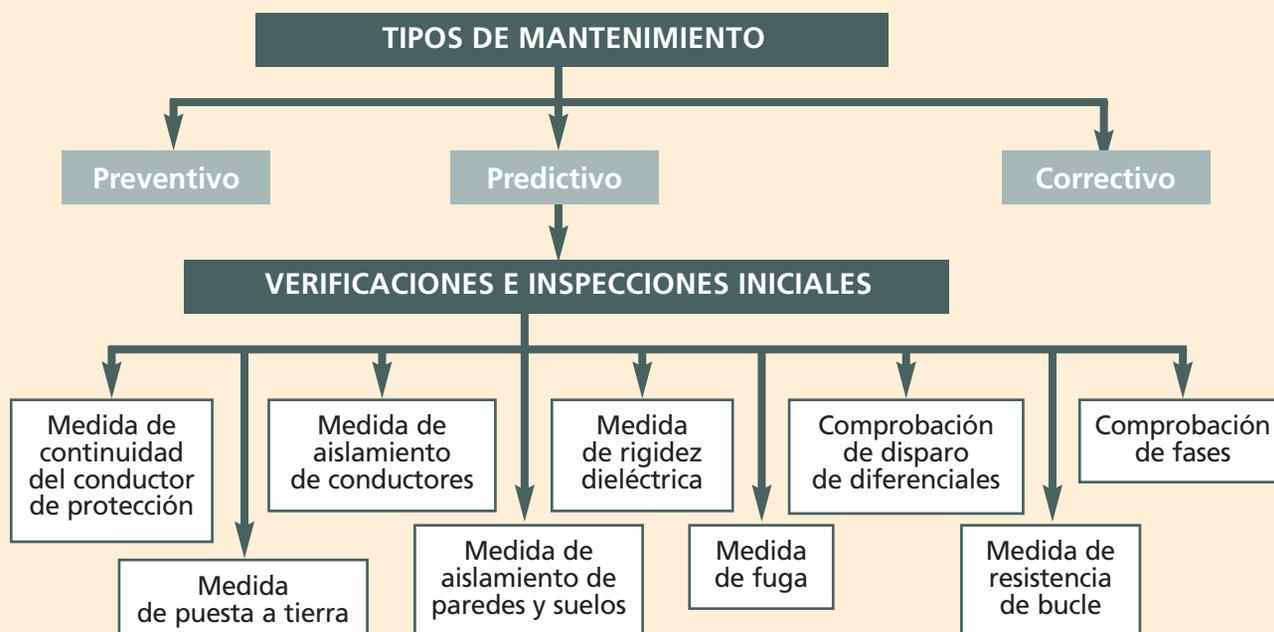


↑ Figura 12.27. Conexión floja.



↑ Figura 12.28. Fusibles sobrecargados en una instalación equilibrada.

EN RESUMEN



EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

- Si con una pinza de fugas abrazamos los conductores activos que alimentan a un calefactor, indicando 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. Se dice:
 - 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 OCAs.
 - La compañía suministradora.
- ¿Qué se produce en una conexión directa cobre-aluminio si no se utiliza algún dispositivo específico?
 - Nada.
 - Se consume el aluminio.
 - Se consume el cobre.
- ¿Existe algún método para medir la resistencia de tierra desde una toma de corriente?
 - No, sólo 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.

- A** SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA
- B** LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS
- C** EJERCICIOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES



anexos

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

A

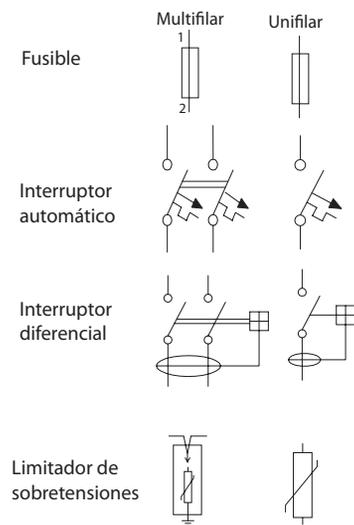
Designación de conductores



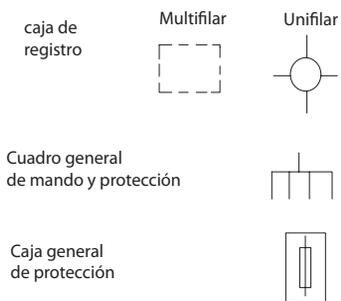
Mecanismos y puntos de luz



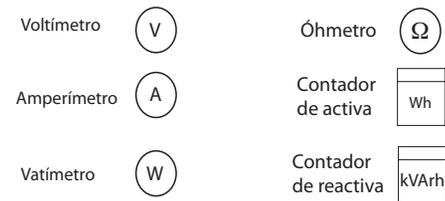
Protecciones



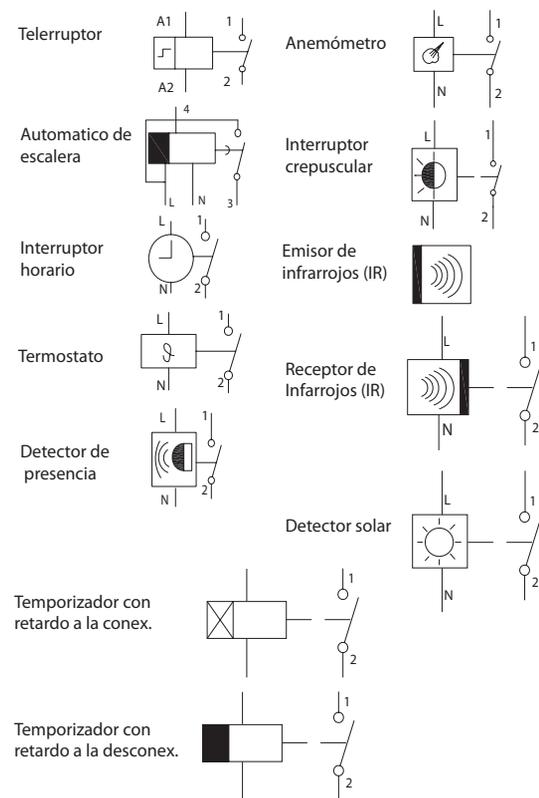
Envolventes



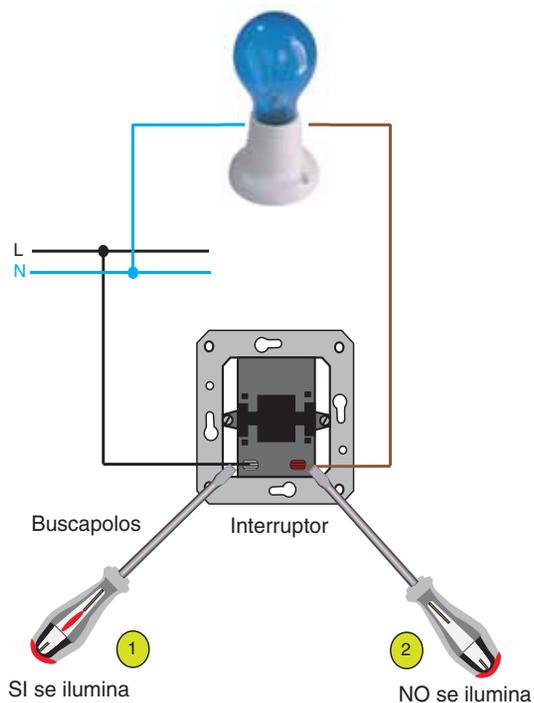
Equipos de medida



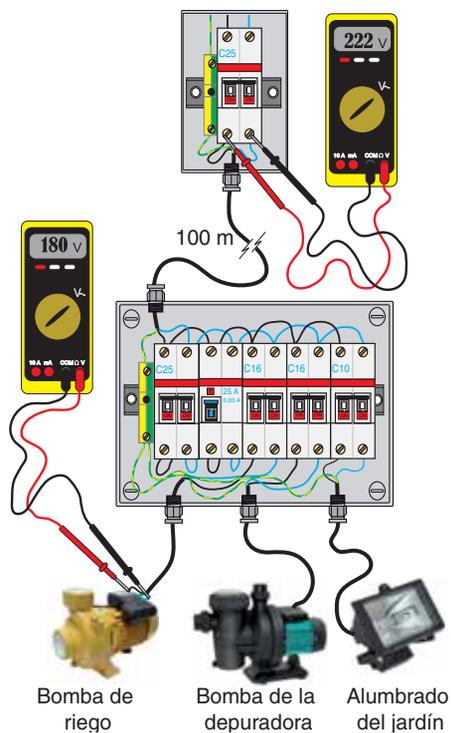
Equipos de mando y sensores



B LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS



↑ Comprobación del estado de un mecanismo con buscapolos sin necesidad de desmontar el mismo.



↑ Proceso de seguimiento para la localización de avería en un motor.

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 ésta no luce realizar los pasos siguientes.
- **Paso 2:** comprobar mediante 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 éste 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 esto 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

La caída de tensión de una línea hay que calcularla cuando están conectados todos los receptores de la instalación, aunque puede 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

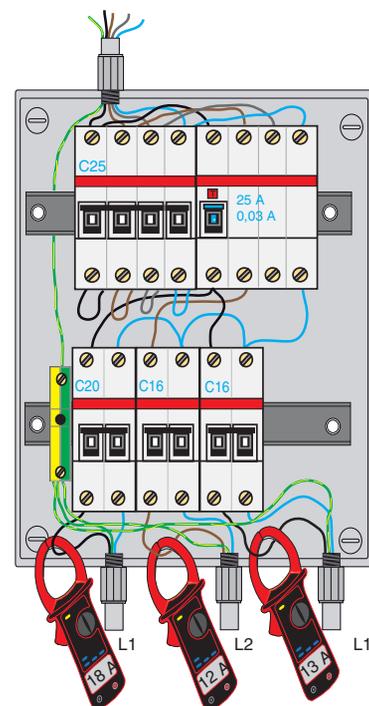
- **Paso 1:** conectar sucesivamente los receptores de la instalación y medir los consumos de cada una de las 3 fases.

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.



10 A + 4 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.

Ejemplo 4

Descripción de la avería

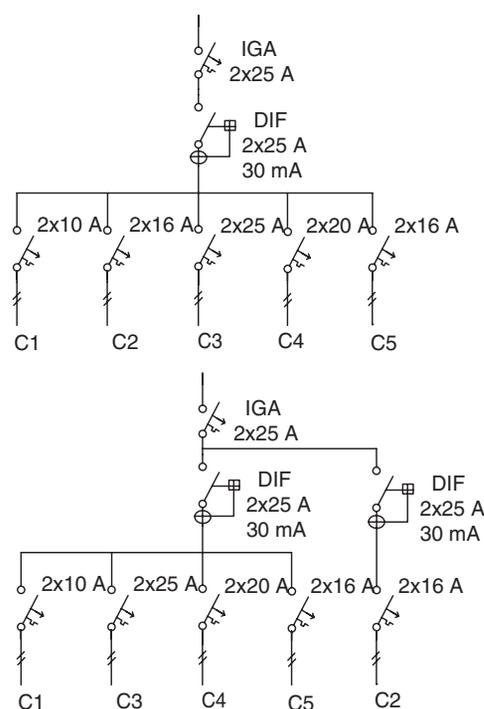
En una vivienda (ver esquema) el circuito C2 provoca disparos aleatorios del diferencial general, no pudiéndose identificar el origen concreto de la derivación ya que generalmente permite su rearme.

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 sólo provocan el disparo del diferencial aleatoriamente, por lo que hay que esperar a que el defecto sea mayor para reparar la avería.



↑ Aislamiento de un circuito que provoca disparos aleatorios del diferencial general del resto de circuitos mediante un diferencial exclusivo para el mismo.

C EJERCICIOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES

1. Tenemos una industria de carpintería de madera ubicada en un polígono industrial cuyos datos son los siguientes:

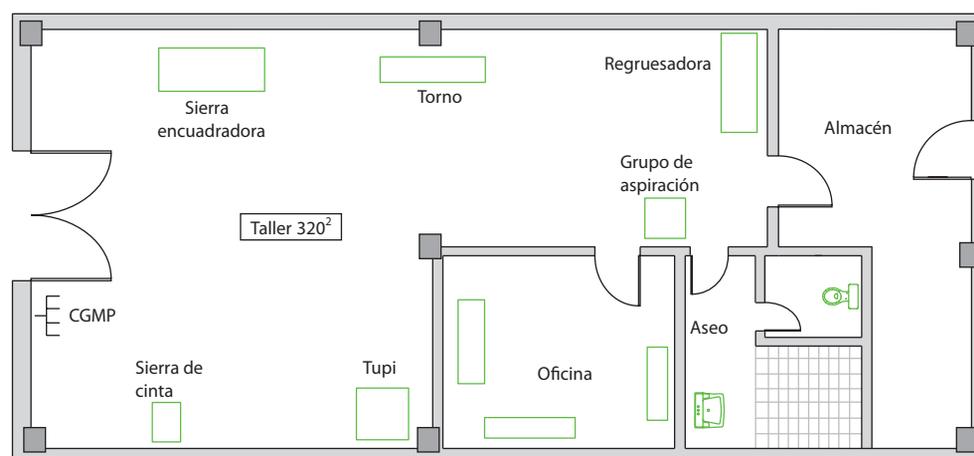
- Superficie 320 m².
- Tensión de alimentación 440/230 V.
- Longitud de la derivación individual 20 m.
- Factor de potencia 0,8.
- Coeficiente de simultaneidad 1.

Los receptores son los reflejados en la siguiente tabla:

Maquinas	II/III	Tensión	Potencia	cos φ	Long.
Tupi	III	400 V	3 CV	0,78	22 m
Encuadradora	III	400 V	4 CV	0,77	14 m
Torno	III	400 V	1 CV	0,85	30 m
Regruesadora	III	400 V	3,5 CV	0,80	38 m
Grupo de aspiración	III	400 V	5 CV	0,77	47 m
Sierra de cinta	III	400 V	1/2 CV	0,88	12 m

Receptores	Potencia	cos φ	Long.
Tomas trifásicas	8 kW	0,85	38
Tomas monofásicas	6 kW	1	25
Alumbrado 1	10 kW	0,9	50
Alumbrado 2	10 kW	0,9	50
Alumbrado 3	4 kW	0,9	23

La siguiente figura muestra el esquema de planta del taller.



← Plano de la carpintería.

2. Tenemos una pequeña tienda de electrodomésticos, ubicada en la planta baja de un edificio de viviendas, cuyos datos son los siguientes:

- Superficie 220 m².
- Tensión de alimentación 440/230 V.
- Longitud de la derivación individual 24 m.
- Factor de potencia 0,9.
- Coeficiente de simultaneidad 0,8.
- Alumbrado 1: V= 230 V, P = 0,3 kW, cos φ = 0,9, L= 42 m.
- Alumbrado 2: V= 230 V, P = 1 kW, cos φ = 0,9, L= 25 m.
- Tomas Línea 1: V= 230 V, P = 3,65 kW, cos φ = 1, L= 25 m.
- Tomas Línea 2: V= 230 V, P = 2 kW, cos φ = 1, L= 28 m.
- Tomas Línea 3: V= 230 V, P = 5 kW, cos φ = 1, L= 32 m.
- Climatización: V= 400V, P = 6,8 kW, cos φ = 0,88, L= 20 m.

Se pide calcular las secciones, protecciones y diámetros de los tubos de cada una de las líneas, así como de la derivación individual, y dibujar el esquema unifilar del CGMP.

Nota: establecer para el cálculo de la derivación individual la máxima T^a de trabajo del conductor a utilizar.

3. Tenemos una tienda de comestibles situada en la planta baja de un edificio de viviendas cuyos datos son los siguientes:

- Superficie 420 m².
- Tensión de alimentación 440/230 V.
- Longitud de la derivación individual 16 m.
- Factor de potencia 0,9.
- Coeficiente de simultaneidad 1.
- Alumbrado 1: V= 230 V, P = 0,3 kW, cos φ = 0,9, L= 42 m.
- Alumbrado 2: V= 230 V, P = 0,5 kW, cos φ = 0,9, L = 38 m.
- Alumbrado 3: V =230 V, P = 0.5 kW, cos φ = 0,9, L = 16 m.
- Tomas de corriente: 230 V, P = 3 kW, cos φ = 0,85, L = 35 m.
- Horno eléctrico: V= 400 V, P = 3,6 kW, cos φ = 0,9, L = 28 m.
- Cámaras frigoríficas: 400 V, P = 3 kW, cos φ = 0,88, L = 28 m.

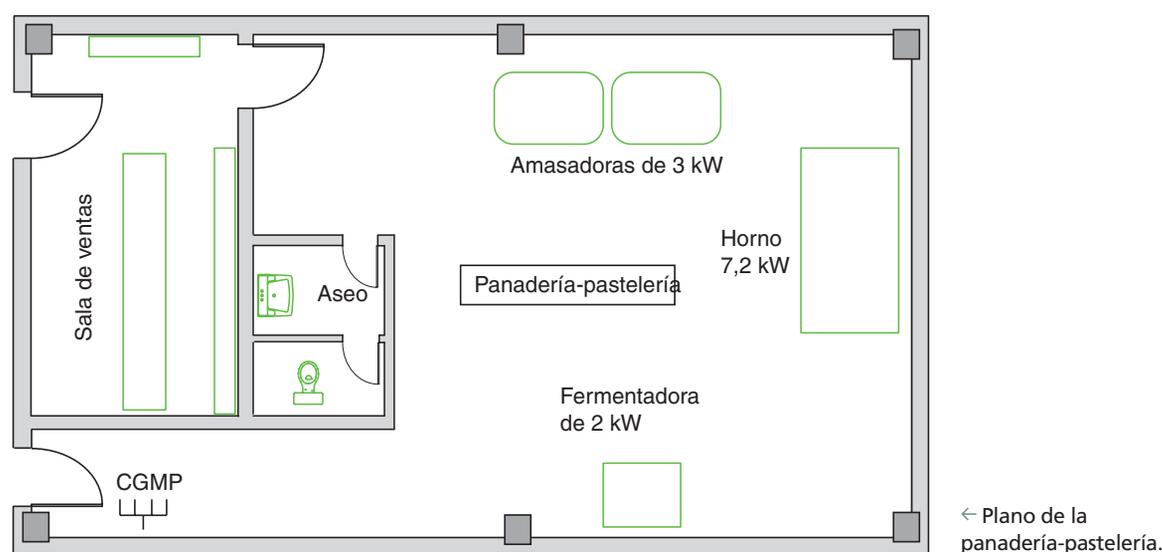
Se pide:

- Clasificar el local según lo establecido en la ITC-BT-28.
- Calcular la potencia total.
- Determinar si necesita MTD o proyecto.
- Realizar el cálculo de la sección y protección de la derivación individual, así como el calibre de los fusibles Diazed que se instalarán en la centralización de contadores del edificio donde se ubica la tienda.
- Realizar el cálculo de las secciones, protecciones y tubos de las diferentes líneas de la instalación interior, teniendo en cuenta que toda la instalación se realiza mediante tubo corrugado en montaje empotrado.
- Dibujar el esquema unifilar del Cuadro General de Mando y Protección.

Nota: establecer para el cálculo de la derivación individual la máxima T^a de trabajo del conductor a utilizar.

4. Tenemos una panadería-pastelería, la cual posee los siguientes receptores:

- Superficie 190 m².
- Tensión de alimentación 440/230 V.
- Longitud de la derivación individual 12 m.
- Factor de potencia 0,9.
- Coeficiente de simultaneidad 1.
- Alumbrado 1: V= 230 V, P = 0,3 kW, cos φ = 0,9, L = 20 m.
- Alumbrado 2: V= 230 V, P = 0,5 kW, cos φ = 0,9, L = 30 m.
- Dos amasadoras: V= 400 V, P = 3 kW, cos φ = 0,85, L= 35 m.
- Una fermentadora: V= 400 V, P = 2 kW, cos φ = 0,87, L= 28 m.
- Un horno: V= 400 V, P = 7,2 kW, cos φ = 0,9, L = 43 m.
- Tomas de corriente: V= 230V, P = 3,68 kW, cos φ = 1, L = 35 m.



Se pide realizar los cálculos de secciones, protecciones y tubos de las diferentes líneas así como de la derivación individual, dibujar el esquema de ubicación de los mecanismos y el esquema unifilar del CGMP de la industria.

Nota: establecer para el cálculo de la derivación individual la máxima T^a de trabajo del conductor a utilizar.

C EJERCICIOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES

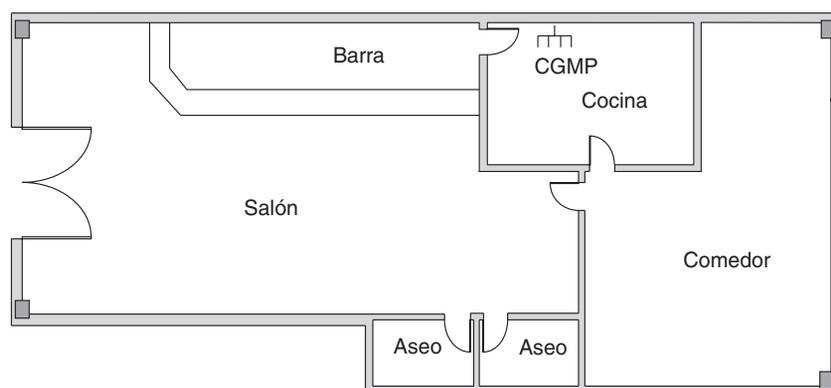
1. Tenemos un bar-restaurante situado en la planta baja de un edificio de viviendas cuyos datos son los siguientes:

- Superficie ocupada por el público (se excluyen aseos y cocina) 420 m².
- Tensión de alimentación 440/230 V.
- Longitud de la derivación individual 29 m.
- Factor de potencia 0,85.
- Coeficiente de simultaneidad 1.

Los receptores son los reflejados en las siguientes tablas:

Alumbrado
Línea de alumbrado 1: 6 luminarias con lámparas fluorescentes de 2x26 W cada una, para la cocina, 2 lámparas halógenas de 60 W en cada uno de los aseos. Longitud 22 m.
Línea de alumbrado 2: 20 lámparas halógenas de 60 W para el comedor. Longitud 34 m.
Línea de alumbrado 3: 10 luminarias con lámparas fluorescentes de 2x36 W cada una, para el salón del bar, 1 lámpara halógena de 100 W para el rótulo luminoso del restaurante y 6 apliques ornamentales ubicado en la pared en la zona del bar de 40 W. Longitud 50 m.

Fuerza
Cámaras frigoríficas y botelleros: V = 230 V, P = 3,5 kW, cos φ = 0,88, L = 20 m.
Freidora: V = 400 V, P = 3,2 kW, cos φ = 1, L = 8 m.
Horno de convección multifunción: V = 230 V, P = 2,6 kW, cos φ = 0,9, L = 12 m.
Cafetera: V = 230 V, P = 2,8 kW, cos φ = 1, L = 31 m.
Cocina eléctrica: V = 230 V, P = 5,2 kW, cos φ = 1, L = 14 m.
Electrodomésticos: V = 230 V, P = 3,5 kW, cos φ = 1, L = 22 m.
Tomas de corriente: V = 230 V, P = 3,6 kW, cos φ = 1, L = 40 m.
Bomba de calor: V = 400, P = 15 kW, cos φ = 0,9, L = 35 m.



← Plano del restaurante.

Se pide:

1. Calcular la potencia total del local.
2. Clasificar el local según la ITC-BT-28 y en función de ello determina si necesita suministro complementario y, en caso de que sea necesario, calcula la potencia necesaria del suministro.
3. Realizar el cálculo de las secciones, protecciones y tubos de las diferentes líneas, así como de la derivación individual, y dibujar el esquema de ubicación de los mecanismos y el esquema unifilar del CGMP del local.

Nota: establecer para el cálculo de la derivación individual la máxima T^a de trabajo del conductor a utilizar.

SOLUCIONES

EVALÚA TUS CONOCIMIENTOS

Unidad 1

1. b. 2. a. 3. c. 4. b.
5. b. 6. b. 7. b. 8. b.

Unidad 2

1. b. 2. b. 3. a. 4. b.
5. b. 6. c. 7. a. 8. a.

Unidad 3

1. b. 2. b.
3. 9.000 actualizables según IPC.
4. c. 5. b. 6. a. 7. b.
8. b.

Unidad 4

1. b. 2. a. 3. b. 4. C1.
5. b. 6. b. 7. d. 8. a.

Unidad 5

1. b. 2. b. 3. H07RV-K 4G6.
4. a. 5. a. 6. b. 7. a.
8. a.

Unidad 6

1. c. 2. b. 3. a. 4. c.
5. b. 6. Enchufable.
7. b. 8. c.

Unidad 7

1. c. 2. c. 3. b. 4. b.
5. Selectividad. 6. b. 7. a.
8. El conductor que une el borne principal de tierra con los electrodos.
9. b.

Unidad 8

1. b. 2. c. 3. a. 4. c.
5. a. 6. b. 7. a. 8. c.
9. c.

Unidad 9

1.

	Lm/W	IRC	Horas
Fluorescente estándar	5	4	4
Vapor de sodio de alta presión	7	1	6
Luz mezcla	2	3	3
Fluorescente compacta	4	6	2
Vapor de mercurio	3	2	5
Led	6	5	7
Halógena	1	7	1

2. c. 3. b. 4. c. 5. b.

Unidad 10

1. b. 2. c. 3. a. 4. b.
5. c. 6. b. 7. c. 8. c.

Unidad 11

1. b. 2. c. 3. c. 4. a.
5.

Almacén de productos químicos	Corrosión
Tintorería	Mojado
Cámara frigorífica	Mojado
Cámara de congelación	Baja Tª

6. b. 7. a. 8. c.

Unidad 12

1. c. 2. b. 3. c. 4. a.
5. b. 6. c. 7. b. 8. c.

TEST DEL REBT

Unidad 3

1. c. 2. b. 3. c. 4. b.
5. c.

6.

a) MTD	f) MTD
b) PROY.	g) MTD
c) PROY.	h) PROY.
d) PROY.	i) PROY.
e) MTD	j) MTD

7. b. 8. c.

Unidad 4

1. c. 2. b. 3. b. 4. c.
5. c. 6. c. 7. e. 8. d.
9. b. 10. b. 11. b. 12. c.
13. b. 14. c. 15. c. 16. c.
17. b. 18. d. 19. b.

Unidad 5

1. d. 2. a. 3. e (para fuerza).
4. d. 5. c. 6. a. 7. b.

Unidad 6

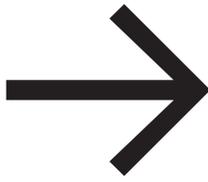
1. a. 2. b. 3. b. 4. c.
5. c. 6. c. 7. c. 8. c.
9. c. 10. a. 11. a.

Unidad 7

1. b. 2. b. 3. b. 4. b.
5. c. 6. a.

Unidad 8

1. c. 2. d.
3. b (garaje con ventilación forzada).
4. a. 5. c. 6. c. 7. c.
8. b. 9. c. 10. a. 11. a.
12. b.



Redacción y selección de contenidos: Manuel Cabello y Miguel Sánchez

Edición: Víctor Sánchez

Diseño de cubierta: Paso de Zebra

**Fotocomposición, maquetación
y realización de gráficos:** J.B. Estudio Gráfico y Editorial, S. L.

Fotografías: CABLOFIL, VARILAMP, SAFE RAIN, ORBIS, FLUKE, PCE GROUP,
GEWISS, KYORITSU, CIRCUITOR, MERLIN GERIN, PROMAX, INTERFLEX, NORMALUX,
IDE, BJC, ECN CABLE GROUP, SILIX, LAYRTON, autores y archivo Editex

Dibujos: Autores y J.B. Estudio Gráfico y Editorial, S. L.

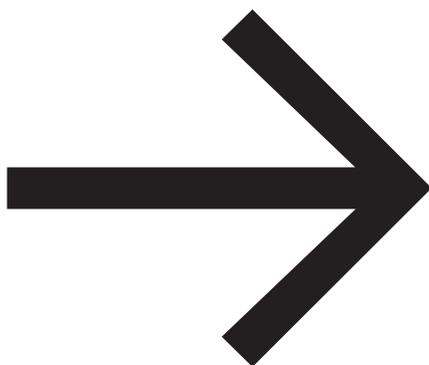
Dirección producción: Teresa del Arco

Preimpresión: José Ciria

Producción editorial: Francisco Antón

Dirección editorial: Carlos Rodríguez

Editorial Editex, S. A. ha puesto todos los medios a su alcance para reconocer en citas y referencias los eventuales derechos de terceros y cumplir todos los requisitos establecidos por la Ley de Propiedad Intelectual. Por las posibles omisiones o errores, se excusa anticipadamente y está dispuesta a introducir las correcciones precisas en posteriores ediciones o reimpressiones de esta obra.



El presente material didáctico ha sido creado por iniciativa y bajo la coordinación de **Editorial Editex, S. A.**, conforme a su propio proyecto editorial.

© **Editorial Editex, S. A.**

Vía Dos Castillas, 33. C.E. Ática 7, edificio 3, planta 3ª, oficina B
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)

ISBN: 978-84-9771-535-5

ISBN eBook: 978-84-9771-746-5

ISBN: 978-84-9771-535-5

Depósito Legal: M-3170-2010

Imprime: Gráficas Rógar

C/ Mina del Cotorro - Parcela 59

Polígono Industrial Alparache

28600 Navalcarnero (Madrid)

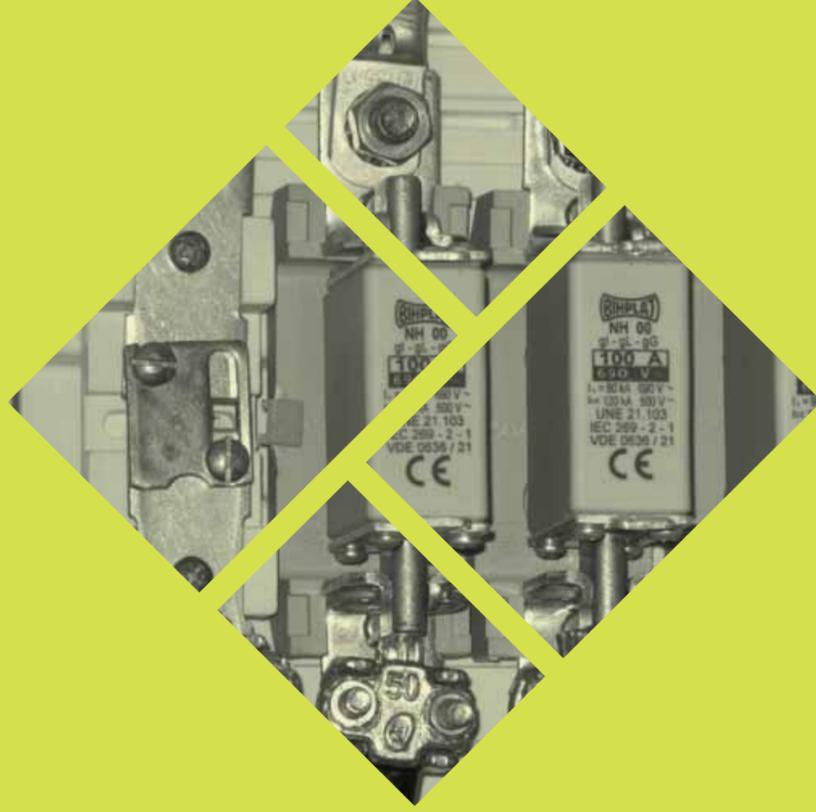
Impreso en España - Printed in Spain

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.


EDITEX

Instalaciones
eléctricas interiores

ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



ISBN 978-84-9771-746-5

9 788497 17465