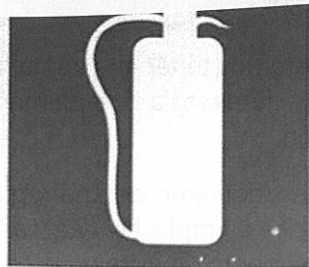
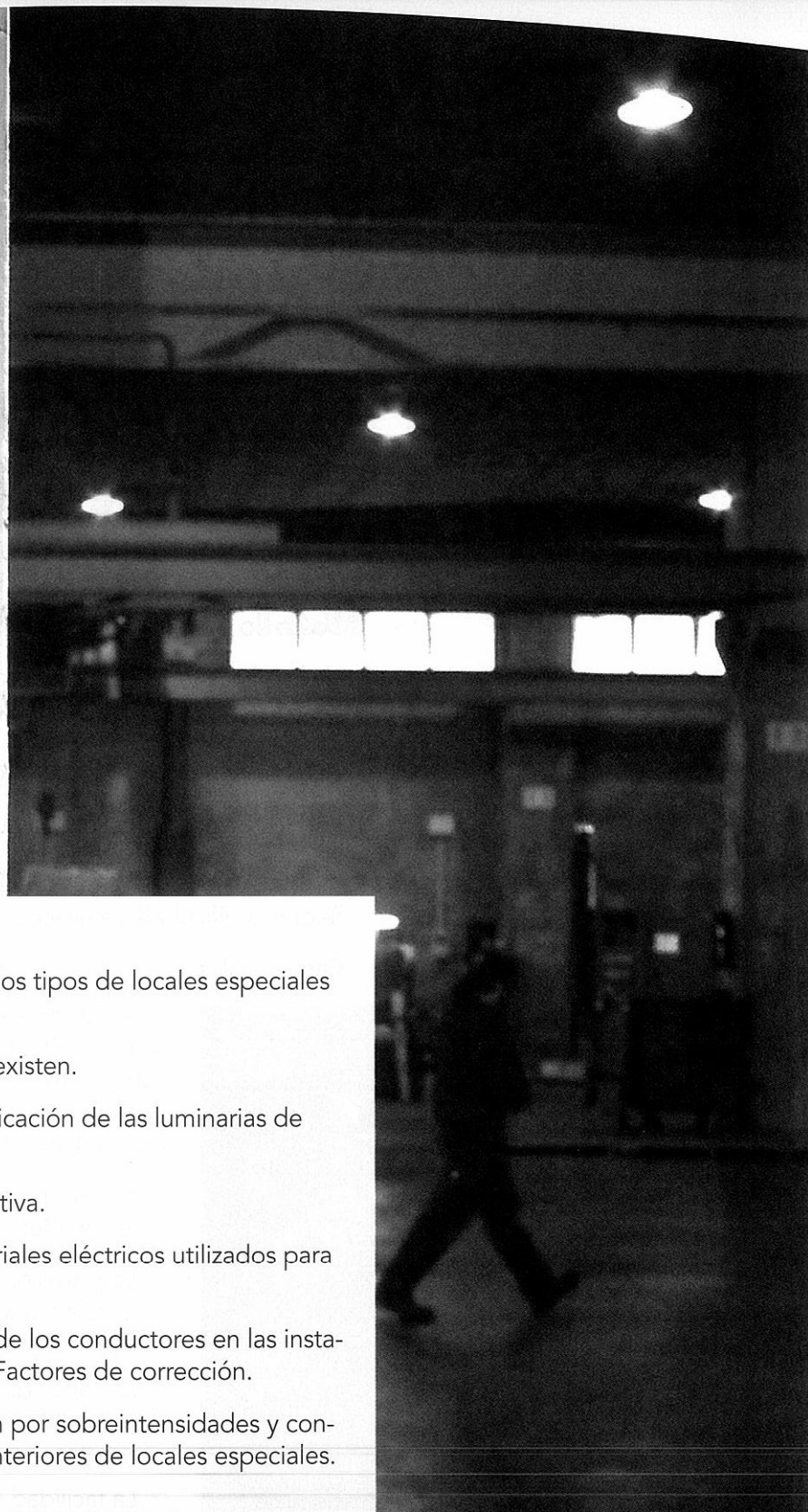


Unidad didáctica 10

Instalaciones interiores de locales especiales



EXTINTOR



¿Qué aprenderemos?

- Cómo identificar y clasificar cada uno de los tipos de locales especiales y cuál es su normativa.
- Qué tipos de alumbrado de emergencia existen.
- Qué métodos debemos seguir para la ubicación de las luminarias de emergencia.
- Tipos de suministro de seguridad. Normativa.
- Cuáles son las características de los materiales eléctricos utilizados para cada tipo de local.
- Particularidades en el cálculo de sección de los conductores en las instalaciones interiores de locales especiales. Factores de corrección.
- Elección de los dispositivos de protección por sobreintensidades y contra contactos eléctricos en instalaciones interiores de locales especiales.

10.1. Introducción

En esta unidad vamos a tratar las instalaciones interiores de locales especiales. Estas instalaciones se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Locales de pública concurrencia (ITC-BT-28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (ITC-BT-29).
- Locales de características especiales (ITC-BT-30).

En general, para este tipo de instalaciones deberemos tener en cuenta la utilización del alumbrado de emergencia, suministros de energía complementarios y materiales adaptados para cada tipo de situación.

Las instalaciones interiores de locales especiales requieren de una reglamentación adicional a la indicada en el REBT, como por ejemplo las *Normas Básicas de Edificación* (NBE-CPI-96), sobre todo desde el punto de vista de la seguridad, tanto de los propios locales como de las personas.

10.2. Instalaciones interiores de locales de pública concurrencia

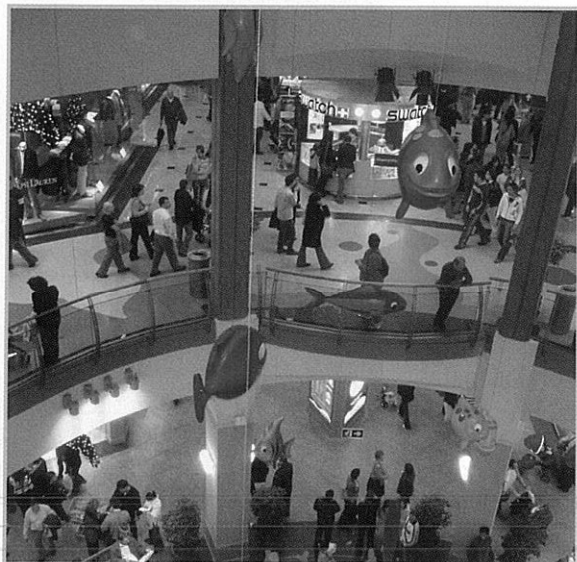
10.2.1. ¿Qué son locales de pública concurrencia?

Dada la dificultad para establecer una definición precisa de qué se entiende por **local de pública concurrencia**, la ITC-BT-28 establece un listado bastante detallado que aparece en la *Tabla 10.1*. Como podemos comprobar, este listado clasifica dichos locales en cuatro grandes grupos:

- Locales de espectáculos y actividades recreativas.
- Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios.
- Según la dificultad de evacuación de cualquier local.
- Otros locales.

Fig. 10.1.

El nombre de personas que se puedan encontrar en un local y su posible evacuación en caso de emergencia son factores determinantes para la consideración de un local como de pública concurrencia.



Este listado es ampliable a cualquier local de características similares. Por ejemplo, las pensiones se asimilan a hostales, las zonas comunes de edificios destinados a oficinas a las zonas comunes en agrupaciones de establecimientos comerciales, los parques temáticos a los parques de atracciones, etc.

Para determinar si un local es de pública concurrencia se ha considerado:

- La previsión de presencia de personas ajenas al mismo en lo relativo a la aplicación de los límites reglamentarios de 50 ó 100 personas.
- La capacidad de ocupación del local. Se calculará como 1 persona por cada 0,8 m² de superficie útil, a excepción de pasillos, repartidores, vestíbulos y servicios.
- La facilidad de evacuación en caso de emergencia.

La calificación de *local de pública concurrencia* se puede aplicar tanto a un único local u oficina o a una agrupación de ellos, a un edificio completo o a parte o partes de un edificio.

Cuando un edificio o local completo es considerado de pública concurrencia, todas sus dependencias también lo están. Por ejemplo, en el caso de un teatro, los camerinos o los despachos del personal, aunque no estén abiertos al público, también se consideran locales de pública concurrencia.

Tabla 10.1. Resumen de tipos de locales de pública concurrencia

Tipos de local		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 congreso, bares, cafeterías, restaurantes, museos, casinos, hoteles, hostales, zonas comunes de centros comerciales, aeropuertos, estaciones de viajeros, parking de uso público cerrado de más de 5 vehículos, asilos, guarderías.	Siempre
		Centros de enseñanza, bibliotecas, establecimientos comerciales, residencias de estudiantes, gimnasios, salas de exposiciones, centros culturales, clubes sociales y deportivos.	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.2 Locales de trabajo	Oficinas con presencia de público	Ocupación > 50 personas ajenas al local
	2.3 Locales de uso sanitario	Hospitales, ambulatorios, sanatorios	Siempre
		Consultorios médicos, clínicas	Ocupación > 50 personas ajenas al local
3. Según dificultad de evacuación de cualquier local	3.1 BD2 (baja densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura, sótanos	Siempre
	3.2 BD3 (alta densidad de ocupación, fácil evacuación)	Locales abiertos al público: Grandes almacenes	
	3.3 BD4 (alta densidad de ocupación, difícil evacuación)	Edificios de gran altura abiertos al público. Locales en sótanos, abiertos al público.	
4. Otros locales		Cualquier local no incluido en los otros epígrafes con capacidad superior a 100 personas ajenas al local	Siempre

Nota 1. Cuando un local pueda estar considerado bajo dos epígrafes, uno de ellos "*siempre obligatorio*" y el otro "*dependa de la ocupación*", se tomará la condición de "*siempre obligatorio*".

Nota 2. Cuando en un local sea difícil 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.

Las instalaciones interiores de locales de pública concurrencia necesitan una serie de medidas adicionales para su ejecución que tienen por objeto garantizar la correcta instalación y funcionamiento de los servicios de seguridad; en especial, aquellos dedicados al alumbrado, que facilitan la evacuación segura de las personas o la iluminación de puntos vitales de los edificios.

10.2.2. Alimentación de los servicios de seguridad

Generalidades

En la ITC-BT-28 se definen las características de la alimentación de los servicios de seguridad tales como alumbrados de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores u otros servicios urgentes que están fijados por las reglamentaciones específicas.

Según estas reglamentaciones, la alimentación podrá ser *automática* o *no automática*. Cuando es **automática**, la puesta en servicio de la alimentación no depende de la intervención de un operador.

La alimentación automática se clasifica según la duración de conmutación en las siguientes categorías:

- **Sin corte.** En este caso, la alimentación está asegurada de manera continua durante el periodo de transición.
- **Con corte muy breve.** Si la alimentación automática está disponible en 0,15 segundos como máximo.
- **Con corte breve.** Cuando la alimentación automática está disponible en 0,5 segundos como máximo.
- **Con corte mediano.** En el caso de que la alimentación automática esté disponible en 15 segundos como máximo.
- **Con corte largo.** Si la alimentación automática está disponible en más de 15 segundos. La conmutación no automática se considera de este tipo.

Para los servicios de seguridad, la fuente de energía debe ser elegida de forma que la alimentación esté asegurada durante un tiempo asignado y que disponga, por construcción o por instalación, de una resistencia al fuego de duración apropiada, en caso de incendio.

Tipos de fuentes de alimentación

Se pueden utilizar las siguientes fuentes de alimentación:

- Fuentes propias de energía. Pueden ser baterías de acumuladores o generadores independientes (aparatos autónomos o grupos electrógenos). La capacidad mínima de una fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de seguridad.
- Derivaciones separadas de la red de distribución, es decir, independientes de la alimentación normal.

La puesta en funcionamiento se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. Las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en un lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal. Además, con excepción de los equipos autónomos, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Se instalarán en emplazamiento apropiado, accesible solamente a las personas cualificadas o expertas.
- El emplazamiento estará convenientemente ventilado, de forma que los gases y los humos que produzcan no puedan propagarse en los locales accesibles a las personas.

La duración de conmutación se refiere al tiempo que tarda en funcionar el sistema de seguridad desde que aparece el defecto o fallo de tensión en la fuente normal de suministro.

Para los servicios de seguridad se elegirán preferentemente medidas de protección contra los contactos indirectos sin corte automático al primer defecto. En el esquema IT debe preverse un controlador permanente de aislamiento que al primer defecto emita una señal acústica o visual.

- No se admiten derivaciones separadas, independientes y alimentadas por una red de distribución pública, salvo si se asegura que las dos derivaciones no puedan fallar simultáneamente.
- Cuando exista una sola fuente para los servicios de seguridad, ésta no debe ser utilizada para otros usos.

Suministros complementarios o de seguridad

El suministro normal es el que se efectúa habitualmente por una empresa suministradora, mientras que el **suministro complementario** se efectúa por la misma empresa suministradora, cuando disponga de medios de distribución de energía independientes, por otra empresa suministradora distinta o por el usuario mediante medios de producción propios.

Los suministros complementarios se clasifican según el artículo 10 del REBT en tres tipos:

- **Suministro de socorro.** Limitado a una potencia receptora mínima del 15% del total contratado para el suministro normal.
- **Suministro de reserva.** Limitado a una potencia receptora mínima del 25% del total contratado para el suministro normal.
- **Suministro duplicado.** Capaz de mantener un servicio mayor del 50% de la potencia total contratada para el suministro normal.

La conmutación del suministro normal al de seguridad en caso de fallo del primero se debe realizar de forma que se impida el acoplamiento entre ambos suministros. Esta conmutación se puede realizar mediante interruptores automáticos motorizados con enclavamiento mecánico y eléctrico o conmutadores motorizados. Los requerimientos obligatorios para los diferentes grupos de locales en cuanto a suministros complementarios aparecen en la *Tabla 10.2*.

Tabla 10.2. Resumen de suministros de seguridad

Alumbrado de emergencia	Grupos de locales	Suministro de socorro	Locales específicos	Suministro de reserva
Siempre	Espectáculos	Siempre	Estadios y pabellones deportivos	Siempre
	Actividades recreativas		-	-
	Reunión	Ocupación mayor de 300 personas ajenas al centro	Estaciones - aeropuertos	Siempre
			Estacionamientos subs. uso público	Más de 100 vehículos
			Comercios y centros comerciales	Más de 2000 m ² de superficie
	Trabajo		-	-
	Uso sanitario		Hospitales, clínicas, sanatorios y centros de salud	Siempre

Nota: Cuando se requiere suministro de socorro y de reserva se instalará el de reserva únicamente

En aquellos locales singulares, tales como los establecimientos sanitarios, grandes hoteles de más de 300 habitaciones, locales de espectáculos con capacidad para más de 1.000 espectadores, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos con más de 100 plazas, aeropuertos y establecimientos comerciales o agrupaciones de éstos en centros comerciales de más de 2.000 m² de superficie, las fuentes propias de energía deberán poder suministrar, con independencia de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes indispensables cuando sean requeridos por la autoridad competente.

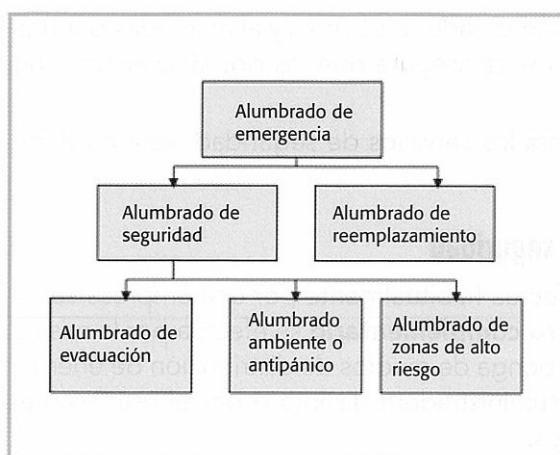


Fig. 10.2.
Esquema del alumbrado de emergencia.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

10.2.3. Alumbrado de emergencia

Las instalaciones destinadas a **alumbrado de emergencia** tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o la iluminación en otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será *automática* con *corte breve*. Se incluyen dentro de este alumbrado el *alumbrado de seguridad* y el *alumbrado de reemplazamiento*.

Alumbrado de seguridad

El **alumbrado de seguridad** es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonarla.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se pueden clasificar en *alumbrado de evacuación*, *alumbrado de ambiente o antipánico* y *alumbrado de zonas de alto riesgo*.

Alumbrado de evacuación

El **alumbrado de evacuación** es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

Se debe garantizar que las vías de evacuación de los locales de pública concurrencia estén siempre señalizadas e iluminadas cuando el local esté o pueda estar ocupado. Bien sea con alumbrado normal o con alumbrado de evacuación. El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux. En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

Cuando no se produzca el fallo de la alimentación, el alumbrado normal puede realizar la función de iluminación de las vías de evacuación, ya que el local no podrá estar ocupado cuando el alumbrado normal no esté encendido. En este caso, se debe garantizar que su interrupción no pueda ser realizada por el público en general sino sólo por personal autorizado.

No obstante, hay determinados locales en los que el alumbrado normal no garantiza la identificación de las rutas de evacuación porque, o es insuficiente, o no está permanentemente encendido, en cuyo caso deberá complementarse con otro tipo de alumbrado que permita la identificación de las mencionadas rutas de evacuación (puertas, pasillos, escaleras, etc.).

Ejemplos de esta situación: garajes en los que el alumbrado sea temporizado y pueda apagarse; hoteles u hospitales en los que en horario nocturno el alumbrado normal se reduce a valores insuficientes; rutas de evacuación que discurren por zonas habitualmente no iluminadas; etc.

La función de señalización de las vías de evacuación se debe realizar mediante señales con símbolos normalizados.



Fig. 10.3.
Ejemplos de símbolos normalizados de señalización.

El proyecto de instalación del local de pública concurrencia deberá detallar los recorridos de evacuación, así como los valores de iluminancia previstos.

Alumbrado ambiente o antipánico

El **alumbrado ambiente o antipánico** es la parte del alumbrado de seguridad prevista para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o antipánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

El alumbrado ambiente o antipánico deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

Alumbrado de zonas de alto riesgo

El **alumbrado de zonas de alto riesgo** es la parte del alumbrado de seguridad prevista para garantizar la seguridad de las personas ocupadas en actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso. Permite la interrupción de los trabajos con seguridad para el operador y para los otros ocupantes del local.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo debe proporcionar una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 10.

El alumbrado de las zonas de alto riesgo deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o zona de alto riesgo.

Para cumplir los requisitos de iluminación de alumbrado de evacuación y ambiente con un único equipo de alumbrado de emergencia, se recomienda su instalación al menos 2m por encima del suelo salvo en casos especiales como salas de proyección, cines y teatros.

Alumbrado de reemplazamiento

El **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 iluminancia inferior al alumbrado normal, se usará únicamente para terminar el trabajo con seguridad.

Se puede utilizar el mismo aparato de alumbrado de emergencia para cubrir los requisitos de varios tipos de alumbrado simultáneamente como, por ejemplo, alumbrado de evacuación y antipánico.

10.2.4. Lugares en que deberá instalarse alumbrado de emergencia

Con alumbrado de seguridad

Es obligatorio situar el alumbrado de seguridad en las siguientes zonas de los locales de pública concurrencia:



Fig. 10.4.
El alumbrado de seguridad es un elemento imprescindible en los locales de pública concurrencia.

- a) En todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- c) En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- d) En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) En los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- f) En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- g) En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
- h) En toda intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- i) En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- j) Cerca⁽¹⁾ de las escaleras, de manera que cada tramo de escaleras reciba una iluminación directa.
- k) Cerca⁽¹⁾ de cada cambio de nivel.
- l) Cerca⁽¹⁾ de cada puesto de primeros auxilios.
- m) Cerca⁽¹⁾ de cada equipo manual destinado a la prevención y extinción de incendios.
- n) En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente.

⁽¹⁾ "Cerca" significa a una distancia inferior a 2 metros, medida horizontalmente.

En las zonas incluidas en los apartados m) y n), el alumbrado de seguridad proporcionará una iluminancia mínima de 5 lux al nivel de operación.



Fig. 10.5.

También será necesario instalar alumbrado de evacuación, aunque no sea un local de pública concurrencia, en todas las escaleras de incendios, en particular toda escalera de evacuación de edificios para uso de viviendas excepto las unifamiliares; así como toda zona clasificada como de riesgo especial.

Los locales y zonas calificadas de **riesgo especial** se detallan en el *artículo 19* de la NBE-CPI-96 que incluye los siguientes:

- Cuarto de baterías de acumuladores de tipo no estanco centralizadas.
- Talleres de mantenimiento, almacenes de lencería, de mobiliario, de limpieza o de otros elementos combustibles cuando el volumen total de la zona sea mayor que 100 m³.
- Depósitos de basura y residuos cuando la superficie construida sea mayor de 5 m².
- Archivos de documentos, depósitos de libros o cualquier otro uso para el que se prevea la acumulación de papel, cuando la superficie construida sea mayor de 25 m².
- Cocinas cuya superficie construida sea mayor de 50 m² y no estén protegidas con sistema automático de extinción.
- Garajes y aparcamientos de uso público como máximo de 5 vehículos y todos los de uso privado.
- Los trasteros de viviendas cuando su superficie total construida sea mayor de 50 m².
- Imprentas y locales anejos, cuando el volumen sea mayor de 100 m³.
- Reprografías y locales anejos cuando el volumen sea mayor de 200 m³.
- Zonas destinadas a la destrucción de documentación, cuando su superficie construida sea mayor de 15 m².
- A criterio del autor del proyecto, los laboratorios y talleres de centros universitarios y de Formación Profesional dependiendo de la cantidad y grado de peligrosidad de los productos utilizados y el riesgo de los procesos en que se utilicen dichos productos.
- Locales comerciales con almacenes que contengan productos combustibles en los que la carga de fuego total aportada por estos sea superior a 50.000 MJ. Ejemplos orientativos de estos son: almacenes de pinturas, barnices y librería de más de 50 m³, de farmacia y deportes de más de 62,5 m³, de alimentación y papelería de más de 71,4 m³, de ropa de más de 83 m³.

Sólo se instalará alumbrado de seguridad para zonas de alto riesgo en las zonas que así lo requieran.

Con alumbrado de reemplazamiento

En las zonas de hospitalización, la instalación de alumbrado de emergencia proporcionará una iluminancia no inferior de 5 lux y durante 2 horas como mínimo.

Las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, las salas de curas, paritorios y urgencias dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia igual al del alumbrado normal durante 2 horas como mínimo.

Cálculo del número necesario de aparatos para alumbrado de emergencia

El cálculo del número necesario de aparatos para cumplir las prescripciones de iluminancia, indicadas anteriormente para el alumbrado de emergencia, no suponen, hoy en día, ningún problema para su determinación, debido a que los fabricantes de estos aparatos facilitan gratuitamente, ya sea por correo o vía internet, un software que realiza dicho cálculo.

10.2.5. Prescripciones de los aparatos para alumbrado de emergencia

Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNE-EN 60.598-2-22 y la norma UNE 20.392 o UNE 20.062, según sea la luminaria para lámparas fluorescentes o incandescentes, respectivamente.

Son luminarias que proporcionan alumbrado de emergencia (tipo permanente o no permanente) en la que todos los elementos, tales como la batería, la lámpara, el conjunto de mando y los dispositivos de verificación y control, si existen, están contenidos dentro de la luminaria o a una distancia inferior a 1 m de ella.

Tabla 10.3. Tipos de luminaria para alumbrado de emergencia

		Con tensión de red	Con fallo de red
Permanente. Las lámparas para alumbrado de emergencia están alimentadas permanentemente, ya se requiera el alumbrado normal o el de emergencia.			
No permanente. Las lámparas para este alumbrado de emergencia están en funcionamiento únicamente cuando falla la alimentación del alumbrado normal.			
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.	Permanente		
	No permanente		

En función de la construcción de la luminaria, el marcado que debe aparecer sobre el aparato, se indica de la siguiente forma:

Celda nº			
1ª	2ª	3ª	4ª
*	*	****	***

- La 1ª celda indica el **tipo de la 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.

B con puesta en estado de reposo a distancia.

C con puesta en estado de neutralización.

D luminaria para zonas de alto riesgo.

- La 4ª celda, **sólo en aparatos autónomos**, indica la **duración en minutos**:

60 1 hora (valor mínimo según el REBT).

120 2 horas.

180 3 horas.

Veamos un ejemplo:

Celda nº			
1ª	2ª	3ª	4ª
X	2	*B**	*60

Este marcado indica que se trata de:

- Un aparato autónomo.
- Combinado no permanente.
- Con puesta en estado de reposo a distancia.
- 60 minutos de duración.

Luminaria alimentada por fuente central

Son luminarias que proporcionan alumbrado de emergencia de tipo permanente o no permanente y que están alimentadas a partir de un sistema de alimentación de emergencia central, es decir, no incorporado en la luminaria. Estas luminarias deberán cumplir lo expuesto en la norma UNE-EN 60.598-2-22.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones del alumbrado de emergencia por fuente central, entre los que figurará un voltímetro de clase 2,5 por lo menos, se dispondrán en un cuadro único, situado fuera de la posible intervención del público.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz o, si en la dependencia o local considerado existiesen varios puntos de luz para alumbrado de emergencia, éstos deberán ser repartidos, al menos, entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados de emergencia alimentados por fuente central se dispondrán, cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas y, cuando se instalen en huecos de la construcción, estarán separadas de éstas por tabiques incombustibles no metálicos.

10.2.6. Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia cumplirán una serie de condiciones de carácter general que señalamos a continuación:

- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección (por ejemplo, un interruptor automático magnetotérmico).

Del cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego.
- En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada interruptor del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas para alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.

Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos y, si procede, contra contactos indirectos. 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.

- Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20 y estarán constituidas por:
 - Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados, en especial, en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción totalmente fabricados con materiales incombustibles de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
 - Conductores rígidos aislados, de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, armados, colocados directamente sobre las paredes.
- Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios. Los cables eléctricos y elementos de conducción para utilizar, cumplirán con la característica de *no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida*.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida.

- Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

10.2.7. Prescripciones complementarias para locales de espectáculos y actividades recreativas

Además de las prescripciones generales señaladas anteriormente, en los locales de espectáculos y actividades recreativas se cumplirán una serie de prescripciones complementarias:



Fig. 10.6. Además de las prescripciones generales, en los locales de espectáculos y actividades recreativas se cumplirán una serie de prescripciones complementarias.

- A partir del cuadro general de distribución, se instalarán líneas distribuidoras generales accionadas por medio de interruptores omnipolares con la debida protección, al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

- Sala de público.
- Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle y dependencias anexas a ellos.
- Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
- Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los dispositivos de protección.

- En las cabinas cinematográficas y en los escenarios, así como en los almacenes y talleres anexas a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión asignada no inferior a 450/750V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados.
- Los cuadros secundarios de distribución deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.
- Será posible cortar, mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:
 - Camerinos.
 - Almacenes.
 - Talleres.
 - Otros locales con peligro de incendio.
 - Los reóstatos, resistencias y receptores móviles del equipo escénico.
- Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen.
- El alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de evacuación, el cual funcionará permanentemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

- Se instalará iluminación de balizamiento en cada uno de los peldaños o rampas con una inclinación superior al 8% del local con la suficiente intensidad para que puedan iluminar la huella. En el caso de pilotos de balizado, se instalará a razón de 1 por cada metro lineal de la anchura o fracción.

Tabla 10.4. Ejemplo de aplicación del alumbrado de seguridad en un teatro.

Estancias	Alumbrado ambiente	Alumbrado evacuación	
		Origen	Final
Salón de actos	Toda la sala	Extremos de las filas de butacas	Salida exterior
Aseos de público	Todo el espacio	En el interior, sobre la puerta de salida	Salida exterior
Todos los recorridos, pasillos, escaleras, cambios de nivel y dirección	Todo el espacio	Inicio del recorrido	Salida exterior
Camerinos y recintos de uso de los empleados, almacenes,...	Todo el espacio	En el interior, sobre la puerta de salida	Salida exterior
Vestíbulos	Todo el espacio	En el interior, sobre la puerta de salida	Salida exterior
Cuadros de distribución de alumbrado, equipos manuales de prevención y extinción de incendios		Sobre el punto indicado (5 lux)	
Local con equipo general de la instalación de protección	Todo el espacio		
Bar	Toda la sala	En el interior, sobre la puerta de salida	Salida exterior
Aparcamiento	Todo el espacio	En cada plaza de aparcamiento	Salida exterior

10.2.8. Prescripciones complementarias para locales de reunión y trabajo

Además de las prescripciones generales, en los locales de reunión, a partir del cuadro general de distribución, se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:

- Salas de venta o reunión, por planta del edificio.
- Escaparates.
- Almacenes.
- Talleres.
- Pasillos, escaleras y vestíbulos.

Tabla 10.5. Ejemplo de distribución de alumbrado de seguridad en un hotel u hospital.

Estancia	Alumbrado ambiente	Alumbrado de evacuación	
		Origen	Final
Habitaciones	Todo el espacio	Exterior de la puerta de la habitación	Salida exterior
Todos los recorridos, pasillos, escaleras, cambio de nivel y dirección,...	Todo el espacio	Inicio del recorrido	Salida exterior
Recintos uso empleados	Todo el espacio	En el interior, sobre la puerta de salida	Salida exterior

Ejemplo 1

Determinar el procedimiento o guía que se debe seguir para la realización de un correcto diseño del alumbrado de emergencia en un local.

El objetivo del alumbrado de emergencia es proporcionar visibilidad con propósitos de evacuación, lo cual conlleva instalar alumbrado en todo el espacio del local. Los pasos que se han de seguir son:

- Las luminarias se instalarán a una altura mínima de 2 m.
- Las señales que estén previstas en todas las salidas destinadas a ser usadas en una emergencia, así como a lo largo de las vías de evacuación, deben estar iluminadas para indicar, sin ambigüedad, la vía de evacuación a un punto de seguridad.
- Cuando no sea posible la visión directa de la salida de emergencia, se debe proporcionar una señal direccional iluminada para ayudar a la progresión hacia la salida de emergencia.
- Una luminaria de alumbrado de emergencia de evacuación debe estar situada de manera que proporcione la iluminancia apropiada en las siguientes posiciones:
 1. En cada puerta de salida destinada a ser usada en una emergencia.
 2. A una distancia inferior o igual a 2 m, medidos horizontalmente y con relación a las escaleras, de modo que cada tramo de ellas reciba luz directa.
 3. A una distancia inferior o igual a 2 m, medidos horizontalmente, de cualquier otro cambio de nivel.
 4. Salidas de emergencia y señales de seguridad obligatorias.
 5. En cualquier cambio de dirección.
 6. En cada intersección de pasillos.
 7. Fuera y cerca de cada salida final.
 8. A una distancia inferior o igual a 2 m medidos horizontalmente desde el primer poste de ayuda.
 9. A una distancia inferior o igual a 2 m medidos horizontalmente desde un equipo de extinción de incendios o punto de alerta. Si las posiciones 8. y 9. no se encuentran ni en la vía de evacuación ni el área abierta, deberá tener una iluminancia mínima sobre el suelo de 5 lux.
- Diseñar una distribución de luminarias de alumbrado de emergencia que satisfagan los niveles de iluminancia requeridos en cada zona:

- Alumbrado de emergencia de seguridad (antipánico): Activo durante una emergencia.

La iluminancia horizontal no debe ser menor de 0,5 lux al nivel del suelo del área del núcleo vacío que excluye un borde de 0,5 m del perímetro del área.

$$\text{Iluminancia máx} < 40 \times \text{Iluminancia mín.}$$

- Alumbrado de emergencia de vías evacuación: Activo siempre que el local esté ocupado.

Las iluminancias horizontales en el suelo a lo largo de la línea central de una vía de evacuación no deben ser inferiores a 1 lux, la banda central que comprende no menos de la mitad de la anchura de la vía debe iluminarse a un mínimo del 50% de ese valor.

$$\text{Iluminancia máx} < 40 \times \text{Iluminancia mín.}$$

- Alumbrado de área de trabajo de alto riesgo: Activo durante una emergencia.

La iluminancia mantenida en el plano de referencia no debe ser inferior al 10% de la iluminancia mantenida requerida para tal trabajo, sin embargo, no debe ser menor de 15 lux.

$$\text{Iluminancia máx} < 10 \times \text{Iluminancia mín.}$$

Ejemplo 2

Diseñar el alumbrado de emergencia de la nave adjunta. Indicar el tipo de alumbrado de emergencia que se debe utilizar en cada uno de los diferentes recintos, la situación de los aparatos de emergencia y los diferentes símbolos de señalización a utilizar.

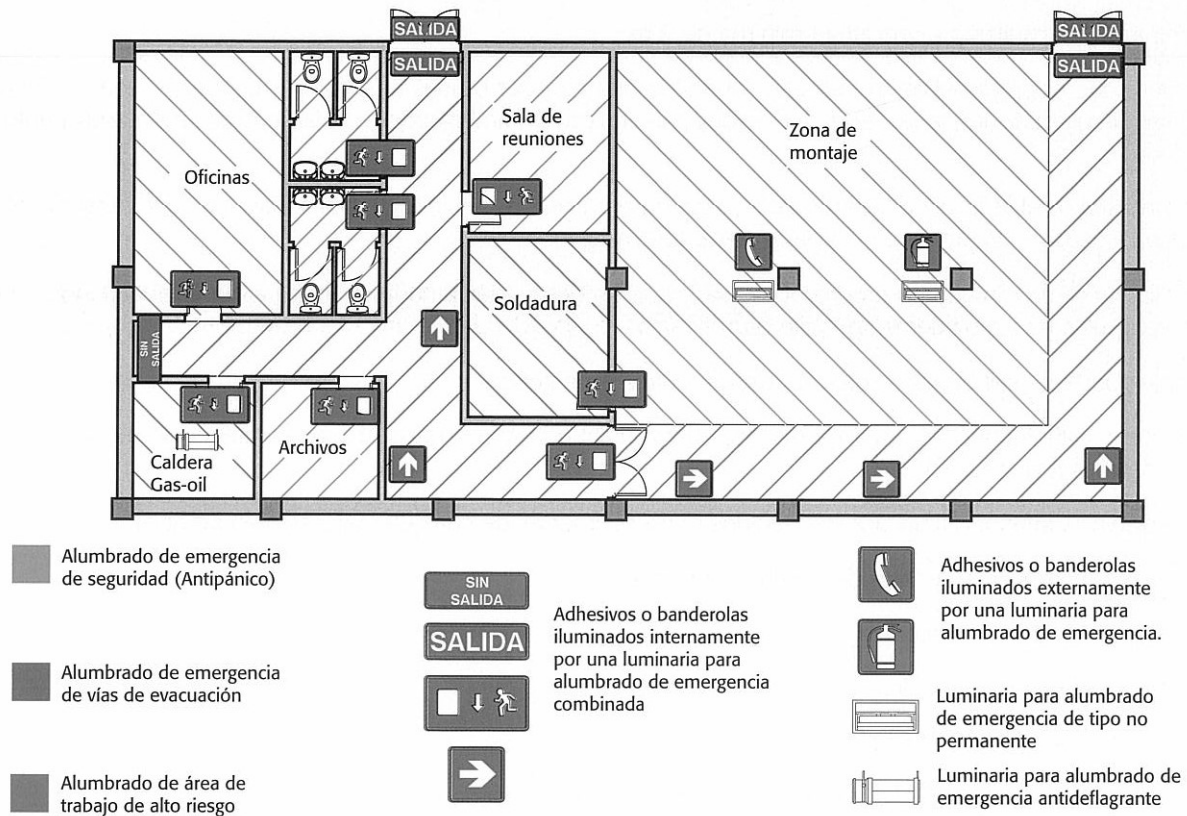


Fig. 10.7.

Ejemplo 3

Dibujar el circuito de potencia y de mando de un sistema automático de conmutación de redes para suministros eléctricos.

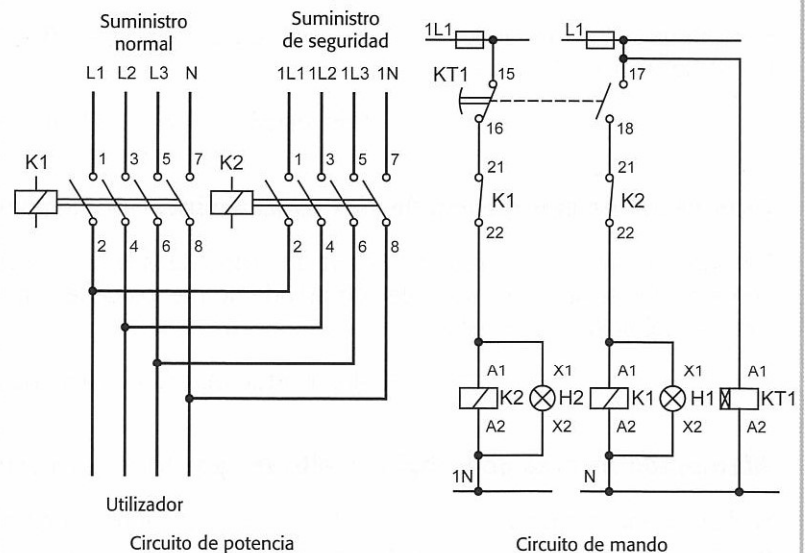
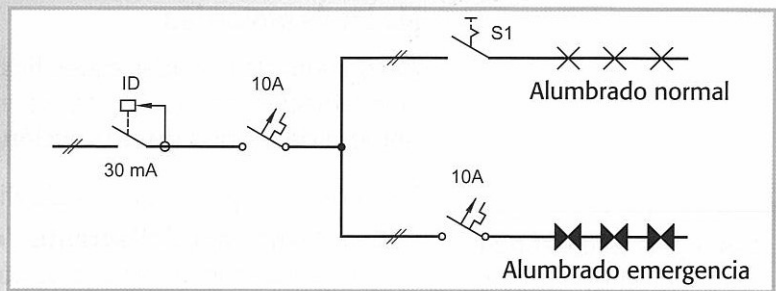


Fig. 10.8.
Circuito de potencia y de mando.

Ejemplo 4

Dibujar el conexionado del circuito del alumbrado de emergencia con el alumbrado normal en un local de pública concurrencia.

Fig. 10.9.
Circuito de conexionado del alumbrado de emergencia con el alumbrado normal.



Actividades

1. Diseñar el alumbrado de emergencia del edificio de vuestra escuela. Indicar el tipo de alumbrado de emergencia que se deberá utilizar en cada uno de los diferentes recintos, la situación de los aparatos de emergencia y los diferentes símbolos de señalización a utilizar.
2. Calcular el número de aparatos de emergencia necesarios para el Laboratorio de Prácticas de vuestra escuela con ayuda de un programa de software, que os facilitará cualquier fabricante de aparatos de emergencia.
3. Realizar el esquema de conexionado del alumbrado de emergencia del ejercicio anterior.
4. Con la ayuda de internet y catálogos de fabricantes, realizar una clasificación por tipos de producto de las empresas españolas que se dedican a la fabricación de material de alumbrado de emergencia y una clasificación por situación geográfica.

10.3. Instalaciones interiores de locales con riesgo de incendio o explosión

10.3.1. Caracterización de los locales con riesgo de incendio o explosión

La instrucción ITC-BT-29 tiene por objeto especificar las reglas esenciales para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en emplazamientos en los que existe riesgo de explosión o de incendio, debido a la presencia de sustancias inflamables, para que dichas instalaciones y sus equipos no puedan ser, dentro de límites razonables, la causa de inflamación de dichas sustancias.

Dentro del concepto de atmósferas potencialmente explosivas, se consideran aquellos emplazamientos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de inflamarse, deflagrar, o explotar, siendo sostenida la reacción por el aporte de oxígeno procedente del aire ambiente en que se encuentran.

Debido a que son objeto de normativas específicas, no se consideran incluidas en esta Instrucción las instalaciones eléctricas correspondientes a los equipos excluidos del campo de aplicación del R.D. 400/1996 y cualquier otro entorno que disponga de una reglamentación particular.

10.3.2. Medidas de seguridad

Modos de protección

Al conjunto de medidas específicas aplicadas a un equipo eléctrico para impedir la inflamación de una atmósfera explosiva que lo circunde, se le conoce con el nombre de **modos de protección**.

Los modos de protección se clasifican en:

Las reglas que definen los diferentes modos de protección son las siguientes:

- Envolvente antideflagrante: UNE-EN 50.018.
- Inmersión en aceite: UNE-EN 50.015.
- Seguridad intrínseca: UNE-EN 50.020.
- Sistema de seguridad intrínseca: UNE-EN 50.039.

- **Envolvente antideflagrante "d"**. Modo de protección en el que las partes que pueden inflamar una atmósfera explosiva están situadas dentro de una envolvente que puede soportar los efectos de la presión derivada de una explosión interna de la mezcla y que impide la transmisión de la explosión a la atmósfera explosiva circundante.
- **Inmersión en aceite "o"**. Modo de protección en el que el equipo eléctrico o partes de éste se sumergen en un líquido de protección, de modo que la atmósfera explosiva que pueda encontrarse sobre la superficie del líquido o en el entorno de la envolvente no resulta inflamado.
- **Seguridad intrínseca "i"**. Modo de protección que, aplicado a un circuito o a los circuitos de un equipo, hace que cualquier chispa o cualquier efecto térmico producido en condiciones normalizadas –lo que incluye funcionamiento normal y funcionamiento en condiciones de fallo especificadas– no sea capaz de provocar la inflamación de una determinada atmósfera explosiva.
- **Sistema de seguridad intrínseca**. Conjunto de materiales y equipos eléctricos interconectados entre sí, descritos en un documento, en el que los circuitos o partes de circuitos destinados a ser empleados en atmósferas con riesgo de explosión son de seguridad intrínseca.

Categoría de aparatos

La *Directiva 94/9/CE* establece una clasificación de los equipos eléctricos o no eléctricos en función de la peligrosidad del emplazamiento en que se van a utilizar. Dentro del Grupo II de aparatos, se distinguen las siguientes categorías:

- **Categoría 1**. Aparatos diseñados para que puedan funcionar dentro de los parámetros operativos determinados por el fabricante y asegurar un nivel de protección muy alto.
- **Categoría 2**. Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un alto nivel de protección.
- **Categoría 3**. Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel normal de protección.

Fundamentos para alcanzar la seguridad

El procedimiento para alcanzar un nivel de seguridad aceptable se fundamenta en:

- El empleo de equipamiento construido y seleccionado de acuerdo a ciertas reglas.
- La adopción de medidas de seguridad especiales de instalación, inspección, mantenimiento y reparación, en relación con la acotación del riesgo de presencia de atmósfera explosiva. Para ello utilizaremos una clasificación de los emplazamientos en los que se pueden producir atmósferas explosivas.
- Explotación, conservación y mantenimiento de la instalación y sus componentes, dentro de unos límites estrictos, para que las condiciones de seguridad no se vean comprometidas durante su vida útil.

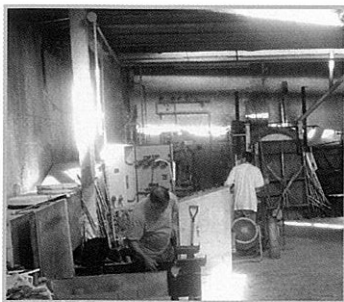


Fig. 10.10.

Los locales con atmósferas potencialmente explosivas se organizan en dos clases en función de la naturaleza de la sustancia inflamable.

10.3.3. Clasificación de los emplazamientos

Para establecer los requisitos que han de satisfacer los distintos elementos constitutivos de la instalación eléctrica, en emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas, se agrupan en dos clases, según la naturaleza de la sustancia inflamable. Estas clases son:

- Clase I si el riesgo es debido a *gases, vapores o nieblas*.
- Clase II si el riesgo es debido a *polvo*.

En las anteriores clases se establece una subdivisión en zonas según la probabilidad de presencia de la atmósfera potencialmente explosiva.

Clase I

Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables. Se incluyen también los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.

Se distinguen 3 zonas diferenciadas:

- **Zona 0.** Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla, está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente.
- **Zona 1.** Emplazamiento en el que cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- **Zona 2.** Emplazamiento en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla, o en caso de que ésta se forme, sólo subsiste por espacios de tiempo muy breves.

Clase II

Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber polvo inflamable. Se distinguen 3 zonas diferenciadas:

- **Zona 20.** Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo inflamable en el aire, está presente de forma permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente. Los emplazamientos en los que hay capas de polvo pero no hay nubes de forma continua o durante largos períodos de tiempo, no entran en este concepto.
- **Zona 21.** Emplazamientos en los que cabe contar con la formación ocasional, en condiciones normales de funcionamiento, de una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo inflamable en el aire. Esta zona puede incluir, entre otros, los emplazamientos en la inmediata vecindad de, por ejemplo, lugares de vaciado o llenado de polvo.
- **Zona 22.** Emplazamientos en los que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de una atmósfera explosiva peligrosa en forma de nube de polvo inflamable en el aire o en la que, en caso de formarse dicha atmósfera explosiva, sólo subsiste por breve espacio de tiempo. Esta zona puede incluir, entre otros, entornos próximos de sistemas conteniendo polvo de los que puede haber fugas y formar depósitos de polvo.

En la Norma UNE-EN 60.079-10 se recogen reglas precisas para establecer zonas en emplazamientos de *Clase I*.

En la Norma CEI 61241-3 se recogen reglas para establecer zonas en emplazamientos de *Clase II*.

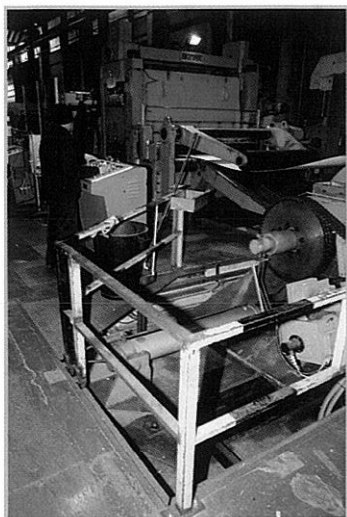


Fig. 10.11.
La lista de emplazamientos peligrosos a causa de la existencia de atmósferas potencialmente explosivas es muy diversa.

Emplazamientos peligrosos

A título orientativo, sin que esta lista sea exhaustiva, son ejemplos de emplazamientos peligrosos, en función de cada clase, los siguientes:

De Clase I

- Lugares donde se trasvasen líquidos volátiles inflamables de un recipiente a otro.
- Garajes y talleres de reparación de vehículos. Se excluyen los garajes de uso privado para estacionamiento de 5 vehículos o menos.
- Interior de cabinas de pintura donde se usen sistemas de pulverización y su entorno cercano cuando se utilicen disolventes.
- Secaderos de material con disolventes inflamables.
- Locales de extracción grasas y aceites que utilicen disolventes inflamables.
- Locales con depósitos líquidos inflamables abiertos o que se puedan abrir.
- Zonas de lavanderías y tintorerías en que se empleen líquidos inflamables.
- Salas de gasógenos.
- Instalaciones donde se produzcan, manipulen, almacenen o consuman gases inflamables.
- Salas de bombas y/o de compresores de líquidos y gases inflamables.
- Interiores de refrigeradores y congeladores en los que se almacenen materias inflamables en recipientes abiertos, fácilmente perforables o con cierres poco consistentes.

De Clase II

- Zonas de trabajo, manipulación y almacenamiento de la industria alimentaria que maneja granos y derivados.
- Zonas de trabajo y manipulación de industrias químicas y farmacéuticas en las que se produce polvo.
- Emplazamientos de pulverización de carbón y su utilización subsiguiente.
- Plantas de coquización.
- Plantas de producción y manipulación de azufre.
- Zonas en las que se producen, procesan, manipulan o empaquetan polvos metálicos de materiales ligeros (Al, Mg, etc.).
- Almacenes y muelles de expedición donde los materiales pulverulentos se almacenan o manipulan en sacos y contenedores.
- Zonas de tratamiento de textiles, como algodón, etc.
- Plantas de fabricación y procesado de fibras.
- Plantas desmotadoras de algodón.
- Plantas de procesado de lino.
- Talleres de confección.
- Industria de procesado de madera, tales como carpinterías, etc.

Las inspecciones de las instalaciones objeto de esta Instrucción se realizarán según lo establecido en la norma UNE-EN 60.079-17.

La reparación de equipos y sistemas de protección deberán ser llevados a cabo de forma que no comprometa la seguridad. Como criterio técnico se seguirá lo establecido en la norma CEI 60079-19.

Las instalaciones eléctricas en emplazamientos de *clase I* se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-EN 60.079-14, salvo que se contradiga con lo indicado en la presente Instrucción.

La instalación de los equipos eléctricos se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-EN 60.079-14.

Para la instalación de sistemas de seguridad intrínseca, se tendrá en cuenta también lo indicado en la Norma UNE-EN 50.039. Los requerimientos de los sistemas de cableado cumplirán la norma UNE-EN 60.079-14 y la norma UNE-EN 50.039.

10.3.4. Prescripciones y condiciones generales

En la medida de lo posible, los equipos eléctricos se ubicarán en áreas no peligrosas. Si esto no es posible, la instalación se llevará a cabo donde exista menor riesgo.

Los equipos eléctricos se instalarán de acuerdo con las condiciones de su documentación particular, se pondrá especial cuidado en asegurar que las partes intercambiables, tales como lámparas, sean del tipo y características asignadas correctas.

Documentación

Para instalaciones nuevas o ampliaciones de las existentes, en el ámbito de aplicación de la presente ITC, se incluirá la siguiente información (según corresponda) en el proyecto de la instalación:

- Clasificación de emplazamientos y plano representativo.
- Adecuación de la categoría de los equipos a los diferentes emplazamientos y zonas.
- Instrucciones de implantación, instalación y conexión de aparatos y equipos.
- Condiciones especiales de instalación y utilización.

Mantenimiento y reparación

Las instalaciones objeto de esta instrucción se someterán a un mantenimiento que garantice la conservación de las condiciones de seguridad (UNE-EN 60.079-17).

10.3.5. Ejecución de instalaciones

Emplazamientos de clase I

Para seleccionar un equipo eléctrico (excluidos cables y conductos) el procedimiento que se debe seguir comprende las siguientes fases:

1. Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.
2. Clasificar el emplazamiento en el que se va a instalar el equipo.
3. Seleccionar los equipos eléctricos de tal manera que la categoría esté de acuerdo con las limitaciones de la *tabla 10.6*. Si la temperatura ambiente prevista no está en el rango comprendido entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ el equipo deberá estar marcado para trabajar en el rango de temperatura correspondiente.
4. Instalar el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Tabla 10.6. Categorías de equipos admisibles para atmósfera de gases y vapores

Categoría de empleo	Zonas en que se admiten
Categoría 1	0, 1 y 2
Categoría 2	1 y 2
Categoría 3	2

Adicionalmente se tendrá en cuenta que la utilización de equipos con modo de protección por inmersión en aceite "o" queda restringida a equipos de instalación fija y que no tengan elementos generadores de arco en el seno del líquido de protección.

Las instalaciones en emplazamientos de *clase II* se ejecutarán de acuerdo a lo especificado en la norma EN 50.281-1-2, salvo que contradiga con lo indicado en la presente Instrucción, la cual prevalecerá sobre la norma.

Los requerimientos de los sistemas de cableado cumplirán la norma UNE-EN 60.079-14 y la norma UNE-EN 50.039.

Emplazamientos de clase II

Para seleccionar un equipo eléctrico (excluidos cables y conductos), el procedimiento que se deberá seguir comprende las siguientes fases:

1. Caracterizar la sustancia o sustancias implicadas en el proceso.
2. Clasificar el emplazamiento en el que se va a instalar el equipo.
3. Seleccionar los equipos eléctricos de tal manera que la categoría esté de acuerdo con las limitaciones de la *tabla 10.7* y que estos cumplan con los requisitos que les sea de aplicación, establecidos en la norma EN 50281-1-2.
4. Instalar el equipo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Tabla 10.7. Categorías de equipos admisibles para atmósferas con polvo explosivo

Categoría de empleo	Zonas en que se admiten
Categoría 1	20, 21 y 22
Categoría 2	21 y 22
Categoría 3	22

Es necesario tener presente que si un equipo eléctrico dispone de un modo de protección para gases, no garantiza que su protección sea adecuada contra el riesgo de inflamación de polvo.

Actividades

5. Dibuja un mapa conceptual del apartado 10.3.3. *Clasificación de los emplazamientos.*
6. Profundiza tu información acerca de los sistemas de cableado para instalaciones interiores en locales con riesgo de incendio o explosión, leyendo el *apartado 9* de la ITC-BT-29.

10.4. Instalaciones interiores de locales de características especiales

La instrucción ITC-BT-30 tiene por objeto especificar las reglas esenciales para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en los emplazamientos que se detallan a continuación:

- Instalaciones en locales húmedos.
- Instalaciones en locales mojados.
- Instalaciones en locales con riesgo de corrosión.
- Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión.
- Instalaciones en locales a temperatura elevada.
- Instalaciones en locales a muy baja temperatura.
- Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores.
- Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico.
- Instalaciones en otros locales de características especiales.

10.4.1. Instalaciones en locales húmedos

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentánea o permanentemente bajo la forma de condensación en el techo o paredes, de manchas salinas o moho, aun cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua.

En estos locales o emplazamientos, el material eléctrico, cuando no se utilicen muy bajas tensiones de seguridad, cumplirá con una serie de condiciones que especificamos a continuación:

- **Canalizaciones eléctricas.** Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1). Este requisito lo deberán cumplir las canalizaciones prefabricadas.

Se instalarán de la manera siguiente:

- Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos. Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750V y discurrirán por el interior de tubos:
 - Empotrados, según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-21.
 - En superficie, según lo especificado en la ITC-BT-21, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 3.
- Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes. Se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.
- Instalación de cables aislados y armados con alambres galvanizados sin tubo protector. Los conductores tendrán una tensión asignada de 0,6/1 kV y discurrirán:
 - Por el interior de huecos de la construcción.
 - Fijados en superficie mediante dispositivos hidrófugos y aislantes.
- **Aparamenta.** Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicas.
- **Receptores de alumbrado y aparatos portátiles de alumbrado.** Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra la caída vertical de agua, IPX1 y no serán de clase 0. Los aparatos de alumbrado portátiles serán de la *Clase II*, según la Instrucción ITC-BT-43.

10.4.2. Instalaciones en locales mojados

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde se vean aparecer, aunque sólo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua, debido, o bien a la condensación, o bien a estar cubiertos con vaho durante largos períodos.

Se considerarán como locales o emplazamientos mojados, los lavaderos públicos, las fábricas de apresto, tintorerías, etc., así como las instalaciones a la intemperie.

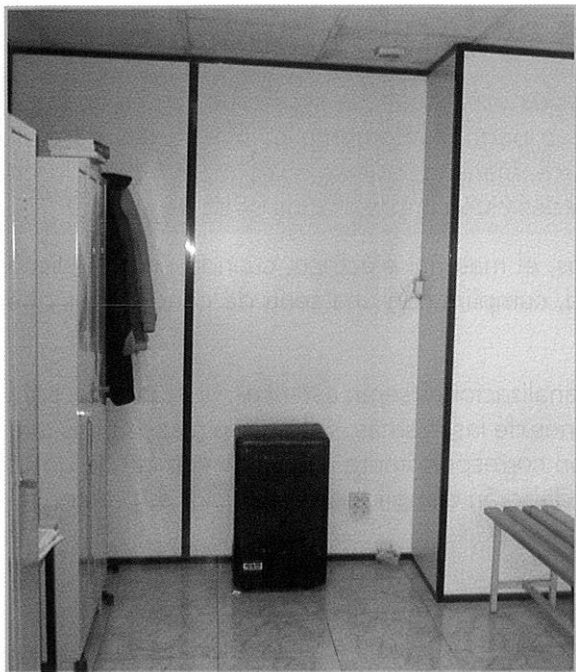


Fig. 10.12.

Como es lógico, en las instalaciones eléctricas de locales mojados se extreman los requisitos en la utilización de componentes con niveles de protección contra la penetración de agua.

En estos locales/emplazamientos se cumplirán, además de las condiciones para locales húmedos del ap. 1, las siguientes:

- **Canalizaciones.** Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.

Se instalarán de la manera siguiente:

- Instalación de conductores y cables aislados en el interior de tubos. Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de tubos:
 - Empotrados: según lo especificado en la ITC-BT-21.
 - En superficie: según lo especificado en la ITC-BT-21, pero que dispondrán de un grado de resistencia a la corrosión 4.
- Instalación de cables aislados con cubierta en el interior de canales aislantes. Los conductores tendrán una tensión asignada de 450/750 V y discurrirán por el interior de canales que se instalarán en superficie y las conexiones, empalmes y derivaciones se realizarán en el interior de cajas.
- **Aparamenta.** Se instalarán los aparatos de mando y protección y tomas de corriente fuera de estos locales. Si esto no se puede cumplir, los citados aparatos serán del tipo protegido contra las proyecciones de agua, IPX4, o se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen grado de protección equivalente.
- **Dispositivos de protección.** De acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-22, se instalará, en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito derivado de otro que penetre en el local mojado.
- **Aparatos móviles o portátiles.** Queda prohibida en estos locales, la utilización de aparatos móviles o portátiles, excepto cuando se utilice, como sistema de protección, la separación de circuitos o el empleo de muy bajas tensiones de seguridad, MBTS, según la Instrucción ITC-BT-36.
- **Receptores de alumbrado.** Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra las proyecciones de agua, IPX4. No serán de clase 0.

10.4.3. Instalaciones en locales con riesgo de corrosión

Locales o emplazamientos con riesgo de corrosión son aquellos en los que existan gases o vapores que puedan atacar a los materiales eléctricos utilizados en la instalación.

Se considerarán como locales con riesgo de corrosión: las fábricas de productos químicos, depósitos de éstos, etc.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán las prescripciones señaladas para las instalaciones en locales mojados, debiendo protegerse, además, la parte exterior de los aparatos y canalizaciones con un revestimiento inalterable a la acción de dichos gases o vapores.

10.4.4. Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o 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, se cumplirán las siguientes condiciones:

- Las canalizaciones eléctricas prefabricadas o no, tendrán un grado de protección mínimo IP5X (considerando la envolvente como categoría 1 según la norma UNE 20.324), salvo que las características del local exijan uno más elevado.
- Los equipos o aparatos utilizados tendrán un grado de protección mínimo IP5X (considerando la envolvente como categoría 1 según la norma UNE 20.324), salvo que las características del local exijan uno más elevado.

10.4.5. Instalaciones en locales a temperatura elevada

Locales o emplazamientos a temperatura elevada son aquellos donde la temperatura del aire ambiente es susceptible de sobrepasar frecuentemente los 40 °C, o bien se mantiene permanentemente por encima de los 35 °C.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

- Los cables aislados con materias plásticas o elastómeras podrán utilizarse para una temperatura ambiente de hasta 50 °C, aplicando el factor de reducción para los valores de la intensidad máxima admisible, señalados en la norma UNE 20.460-5-523. Para temperaturas ambientes superiores a 50 °C se utilizarán cables especiales con un aislamiento que presente una mayor estabilidad térmica.
- En estos locales, son admisibles las canalizaciones con conductores desnudos sobre soportes aislantes. Los soportes estarán contruidos con un material cuyas propiedades y estabilidad queden garantizadas a la temperatura de utilización.
- Los aparatos utilizados deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales. Su temperatura de funcionamiento a plena carga no deberá sobrepasar el valor máximo fijado en la especificación del material.

10.4.6. Instalaciones en locales a muy baja temperatura

Locales o emplazamientos a muy baja temperatura son aquellos donde pueden presentarse y mantenerse temperaturas ambientales inferiores a -20 °C.

Se considerarán como locales a temperatura muy baja, las cámaras de congelación de las plantas frigoríficas. En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

- El aislamiento y demás elementos de protección del material eléctrico deberá ser tal que no sufra deterioro alguno a la temperatura de utilización.
- Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales.

10.4.7. Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores

Los locales en que deban disponerse baterías de acumuladores con posibilidad de desprendimiento de gases se considerarán como locales o emplazamientos con riesgo de corrosión que deben cumplir, además de las prescripciones señaladas para estos locales, las siguientes:

- El equipo eléctrico utilizado estará protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.
- Los locales deberán estar provistos de una ventilación natural o forzada que garantice una renovación perfecta y rápida del aire. Los vapores evacuados no deben penetrar en locales contiguos.
- La iluminación artificial se realizará únicamente mediante lámparas eléctricas de incandescencia o de descarga.
- Las luminarias serán de material apropiado para soportar el ambiente corrosivo y evitar la penetración de gases en su interior.
- Los acumuladores que no aseguren por sí mismos y permanentemente un aislamiento suficiente entre partes en tensión y tierra, deberán ser instalados con un aislamiento suplementario. Este aislamiento no podrá ser afectado por la humedad.
- Los acumuladores estarán dispuestos de manera que pueda realizarse fácilmente la sustitución y el mantenimiento de cada elemento. Los pasillos de servicio tendrán una anchura mínima de 0,75 metros.
- Si la tensión de servicio en corriente continua es superior a 75 voltios con relación a tierra y existen partes desnudas bajo tensión que puedan tocarse inadvertidamente, el suelo de los pasillos de servicio será eléctricamente aislante.
- Las piezas desnudas bajo tensión, cuando entre éstas existan tensiones superiores a 75 voltios en corriente continua, deberán instalarse de manera que sea imposible tocarlas simultánea e inadvertidamente.

10.4.8. Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico

Locales o emplazamientos afectos a un servicio eléctrico son aquellos que se destinan a la explotación de instalaciones eléctricas y, en general, sólo tienen acceso a éstos personas cualificadas para ello.

Se considerarán como locales o emplazamientos afectos a un servicio eléctrico: los laboratorios de ensayos, las salas de mando y distribución instaladas en locales independientes de las salas de máquinas de centrales, centros de transformación, etc. En estos locales se cumplirán las siguientes condiciones:

- Estarán obligatoriamente cerrados con llave cuando no haya en ellos personal de servicio.
- El acceso a estos locales deberá tener al menos una altura libre de 2 metros y una anchura mínima de 0,7 metros. Las puertas se abrirán hacia el exterior.
- Si la instalación contiene instrumentos de medida que deban ser observados o aparatos que haya que manipular constante o habitualmente, tendrá un pasillo de servicio de una anchura mínima de 1,10 metros.

No obstante, ciertas partes del local o de la instalación que no estén bajo tensión podrán sobresalir en el pasillo de servicio, siempre que su anchura no quede reducida en esos lugares a menos de 0,80 metros. Cuando existan, a los lados del pasillo de servicio, piezas desnudas bajo tensión, no protegidas, aparatos para manipular o instrumentos por observar, la distancia entre equipos eléctricos instalados unos enfrente de otros, será como mínimo de 1,30 metros.

- El pasillo de servicio tendrá una altura de 1,90 metros, como mínimo. Si existen en su parte superior piezas no protegidas bajo tensión, la altura libre hasta esas piezas no será inferior a 2,30 metros.
- Sólo se permitirá colocar en el pasillo de servicio los objetos necesarios para el empleo de aparatos instalados.
- Los locales que tengan personal de servicio permanente estarán dotados de un alumbrado de seguridad.
- Los locales que estén bajo rasante deberán disponer de un sumidero.

10.4.9. Instalaciones en otros locales de características especiales

Cuando en los locales o emplazamientos donde se tengan que establecer instalaciones eléctricas concurren circunstancias especiales no especificadas en estas Instrucciones y que puedan originar peligro para las personas o cosas, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los equipos eléctricos deberán seleccionarse e instalarse en función de las influencias externas definidas en la Norma UNE 20.460-3, a las que dichos materiales pueden estar sometidos de forma que garanticen su funcionamiento y la fiabilidad de las medidas de protección.
- Cuando un equipo no posea, por su construcción, las características correspondientes a las influencias externas del local (o las derivadas de su ubicación), podrá utilizarse –con la condición de que se le proporcione durante la realización de la instalación–, una protección complementaria adecuada. Esta protección no deberá perjudicar las condiciones de funcionamiento del material así protegido.
- Cuando se produzcan simultáneamente diferentes influencias externas, sus efectos podrán ser independientes o influirse mutuamente, y los grados de protección deberán seleccionarse en consecuencia.

La norma UNE 20.460-3 establece una clasificación y una codificación de las influencias que deben ser tenidas en cuenta para el proyecto y la ejecución de las instalaciones eléctricas. Esta codificación no está prevista para su utilización al marcado de los equipos.

Actividades

7. Para cada tipo de local indica cuáles son las condiciones de instalación que se deben aplicar:

Tipo de instalación	Condiciones de instalación
Instalaciones en locales húmedos	
Instalaciones en locales mojados	
Instalaciones en locales con riesgo de corrosión	
Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión	
Instalaciones en locales a temperatura elevada	
Instalaciones en locales a muy baja temperatura	
Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores	
Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico	

10.5. Cálculo de la sección de los conductores en las instalaciones interiores de locales especiales

Se consideran locales especiales aquellos no destinados a viviendas, como los edificios comerciales, oficinas, comercios, locales de ocio, fábricas, talleres, etc.

Podemos encontrar dos tipos de instalaciones:

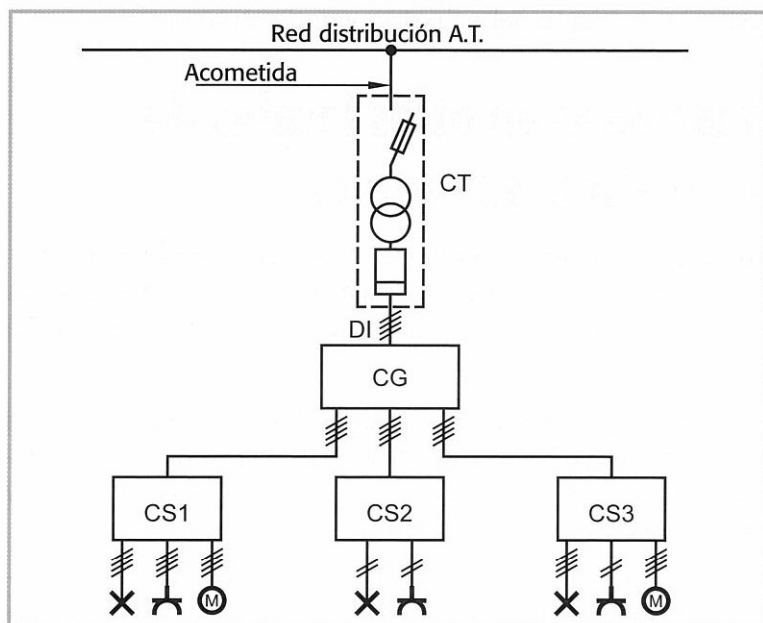


Fig. 10.13.
Esquema tipo de una instalación con acometida en AT.

- Instalaciones con acometida en BT. Este tipo de instalación ya se trató en la unidad didáctica nº 8 (figuras 8.2 a 8.5).
- Instalaciones con acometida en AT. Cuando la demanda de potencia es elevada, la compañía eléctrica no está obligada a suministrar más de 50kW en BT. En este caso es necesario un centro de transformación, ver figura 10.13.

En la unidad didáctica nº 8 (apartado 8.4) se hizo una introducción para el cálculo de la previsión de potencia en los locales comerciales e industriales. A continuación ampliaremos más detalladamente los factores que hay que tener en cuenta para realizar los cálculos de las secciones de los conductores y justificar las protecciones que se deben emplear.

10.5.1. Factores de corrección

Los factores de corrección que se utilizan se pueden clasificar:

- Factores de corrección por tipo de receptor o de instalación
 - En circuitos con lámparas de descarga: Potencia $\times 1,8$ según ITC-BT-44.
 - Circuito para un solo motor: Intensidad a plena carga $\times 1,25$ según ITC-BT-47.
 - Circuito para varios motores: Intensidad a plena carga del mayor $\times 1,25$ + resto de intensidades según ITC-BT-47.
 - Motores de aparatos de elevación: Intensidad a plena carga $\times 1,3$ para todos los motores ITC-BT-47.
 - Locales con riesgo de incendio o explosión: Intensidad admisible $\times 0,85$ según ITC-BT-29. Todos los cables de más de 5 m de longitud se deben proteger contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Factores de simultaneidad (F_s)
 - En una instalación eléctrica, no todos los receptores instalados funcionan a la vez, por ello, se define el coeficiente de simultaneidad F_s . Para las instalaciones interiores de viviendas se especificaron en la tabla 9.2 de la unidad didáctica nº 9.

En las instalaciones comerciales e industriales se detallan en la tabla 10.8.

Tabla 10.8. Factor de simultaneidad atendiendo al nº de circuitos que parten de un cuadro principal o secundario

Nº de circuitos	Factor de simultaneidad (F_s)
2 a 3	0,9
4 a 5	0,8
6 a 9	0,7
≥ 10	0,6

- Para las tomas de corriente, cuando no se conoce el uso que se les va a dar, se utiliza la fórmula siguiente:

$$F_s = 0,1 + \frac{0,9}{N}$$

Siendo $N = n^\circ$ de tomas de corriente del circuito.

- Factores de utilización (F_u)
 - Un receptor no siempre funciona a la potencia máxima de utilización, para ello se define el coeficiente de utilización F_u . Para los diferentes receptores de las instalaciones interiores de viviendas, se especificaron en la tabla 9.2 de la unidad didáctica nº 9.

En las instalaciones comerciales e industriales se detallan en la tabla 10.9.

Tabla 10.9. Factor de utilización atendiendo al tipo de receptor

Tipo de receptor	Factor de utilización (F_u)
Motor	0,75
Alumbrado y calefacción	1

10.5.2. Cálculo de la sección de los conductores

El cálculo de la sección de los conductores se realizará de acuerdo con lo explicado en el apartado 8.5 de la unidad didáctica nº 8, teniendo en cuenta además, los factores de corrección comentados en el apartado anterior.

10.5.3. Elección de los dispositivos de protección por sobreintensidades

Los dispositivos de protección por sobreintensidades más utilizados son los fusibles y los interruptores magnetotérmicos. La elección simple de éstos ya se trató en la unidad didáctica nº 6. A continuación, se realiza una elección más precisa.

Como ya sabemos, existen dos tipos de sobreintensidades: sobrecargas y cortocircuitos.

- **Protección contra sobrecargas** (válido para fusibles e interruptores magnetotérmicos).

Se han de cumplir las dos condiciones siguientes (UNE 20460-4-43):

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde:

I_b = corriente de diseño del circuito (teniendo en cuenta los coeficientes F_s y F_u).

I_n = corriente nominal o asignada del dispositivo de protección.

I_z = corriente admisible en el conductor.

I_2 = corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección.
Para los fusibles es la corriente de fusión I_f en un tiempo convencional y para los interruptores magnetotérmicos es la corriente convencional de desconexión I_t en un tiempo convencional.

• Protección contra cortocircuitos:

• Con interruptores magnetotérmicos:

Se han de cumplir las tres condiciones siguientes (UNE 20460-4-43):

- El poder de corte asignado I_{cn} al interruptor magnetotérmico ha de ser igual o mayor al cortocircuito más grande $I_{cc \text{ máx}}$ que se pueda producir (principio de línea).

$$I_{cn} \geq I_{cc \text{ máx}}$$

- El tiempo de desconexión $t_{\text{desconex.}}$ del interruptor magnetotérmico ha de ser menor o igual al tiempo t_{mcc} en que la temperatura de los conductores alcanza el límite admisible.

$$t_{\text{desconex.}} \leq t_{mcc}$$

Suponiendo que el calentamiento de los conductores al paso de la corriente eléctrica es adiabático (todo el calor generado se emplea en incrementar la temperatura del conductor), se ha de cumplir que la energía específica pasante $I^2 t_{\text{magn.}}$ del interruptor magnetotérmico ha de ser igual o inferior a la que aguanta el conductor $I^2 t_{\text{cond.}}$. Se ha de cumplir para el cortocircuito más grande $I_{cc \text{ máx}}$ y más pequeño $I_{cc \text{ mín}}$ que se pueda producir en el circuito.

$$(I^2 \cdot t)_{\text{magn.}} \leq (I^2 \cdot t)_{\text{cond.}} = k^2 \cdot S^2$$

- La intensidad de disparo electromagnético $I_{\text{magn.}}$ del interruptor magnetotérmico ha de ser menor que la intensidad de cortocircuito mínima $I_{cc \text{ mín}}$ (cortocircuito más lejano).

$$I_{\text{magn.}} < I_{cc \text{ mín}}$$

Tabla 10.10. Intensidad del disparo electromagnético para las distintas curvas de disparo

Curva	$I_{\text{magn.}}$
B	$5 \cdot I_n$
C	$10 \cdot I_n$
D	$20 \cdot I_n$

- Con fusibles:

Se han de cumplir las tres condiciones siguientes (UNE 20460-4-43):

- El poder de corte I_1 del fusible ha de ser igual o mayor al cortocircuito más grande $I_{cc\text{ máx}}$ que se pueda producir (principio de línea).

$$I_1 \geq I_{cc\text{ máx}}$$

- La intensidad de fusión I_f del fusible para una duración igual a 5 s debe ser menor a la intensidad I_s que soporta el conductor durante 5 s.

$$I_f < I_s$$

La intensidad I_s que soporta el conductor durante 5 s se puede calcular aproximadamente con la siguiente fórmula:

$$I_s = k \cdot \frac{S}{\sqrt{5}}$$

Donde:

k = factor que tiene en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad de calentamiento del material conductor, así como las temperaturas iniciales y finales adecuadas.

S = Sección del conductor (mm^2).

Tabla 10.11. Valores de k para un conductor activo

	Aislamiento del conductor	
	PVC	PR / EPR
Temperatura inicial ($^{\circ}\text{C}$)	70	90
Temperatura final ($^{\circ}\text{C}$)	160	250
Material conductor	k	
Cobre	115	143
Aluminio	76	94

- La intensidad de cortocircuito mínima $I_{cc\text{ mín}}$ (cortocircuito más lejano) ha de ser mayor que la intensidad de fusión I_f del fusible durante un tiempo de 5 s.

$$I_f < I_{cc\text{ mín}}$$

10.5.4. Elección de los dispositivos de protección diferencial

Los dispositivos de protección diferencial más utilizados son los interruptores diferenciales. La elección simple de éstos ya se trató en la unidad didáctica nº 6. Una elección más precisa se realiza atendiendo a las siguientes condiciones:

- Corriente diferencial de funcionamiento asignada ($I_{\Delta n}$) Los valores normalizados más utilizados son:
 - Alta sensibilidad: 30 mA (ámbito doméstico e industrial "alumbrado").

- Media sensibilidad: 300 mA (ámbito industrial "fuerza").
- Baja sensibilidad: 500 mA (ámbito industrial "fuerza").
- Comportamiento en presencia de componentes continuas:
 - Clase AC (corriente senoidal). Uso general.
 - Clase A (corriente senoidal o continuas pulsantes). Utilizados en instalaciones para la protección de componentes electrónicos (ordenador personal, semiconductores, etc.).
 - Superinmunizados. De reciente aparición, no disparan por transitorios ni por desconexiones no deseadas. Utilizados en instalaciones donde se presenten sobretensiones, arranques duros de motores, etc.
- Retardo en presencia de una corriente diferencial:
 - No retardado. Los más utilizados.
 - Tipo selectivo "S" o retardado. Se utilizan cuando se desea una selectividad con otros interruptores diferenciales situados aguas abajo (para que sólo se desconecte el más próximo al defecto).

Ejemplo 5

En una nave industrial dedicada a la fabricación de pequeño material eléctrico dividida en tres sectores (taller, almacén-calidad y oficinas) se requiere calcular la previsión de potencia y la sección normalizada de las diferentes líneas, según vemos en el esquema unifilar de la figura 10.14. La instalación se realizará bajo tubo en montaje empotrado, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con XLPE, de una tensión asignada de 0,6/1 kV. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

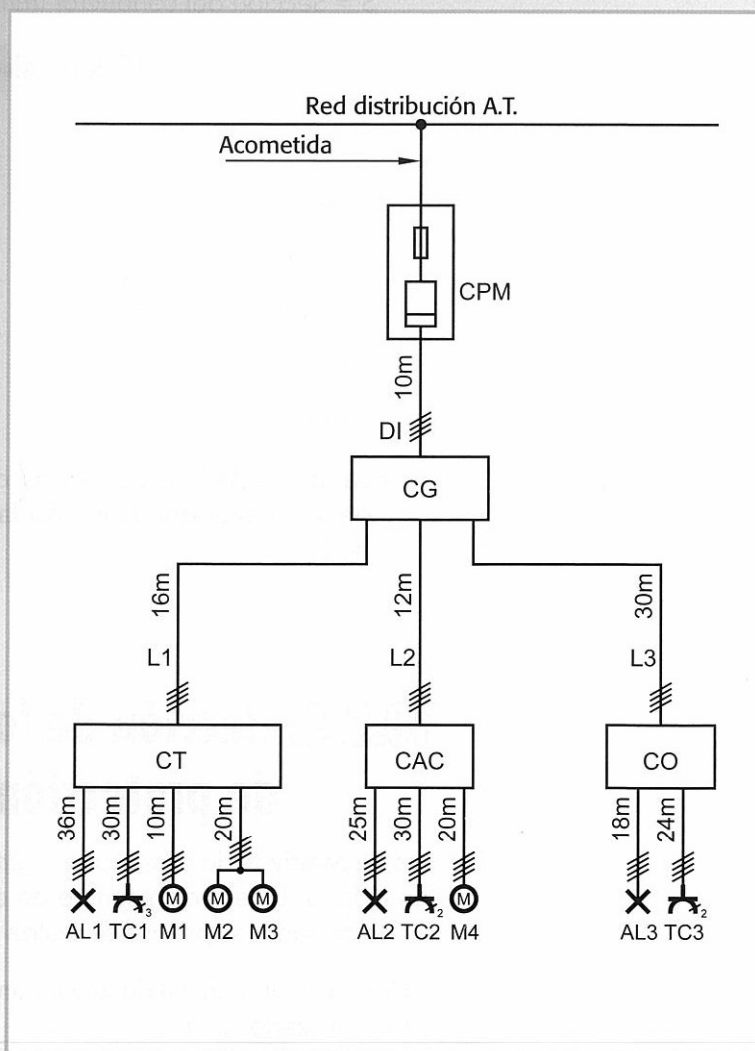


Fig. 10.14.
Esquema unifilar de la
instalación eléctrica.

Sector	Línea secundaria	Longitud (m)	Características de los receptores
Taller	AL1	36 (*)	Lámparas fluorescentes repartidas uniformemente; $P=3.600\text{W}$; $\cos \varphi =0,90$.
	TC1	30 (*)	6 Tomas trifásicas repartidas uniformemente. $I= 16\text{ A}$.
	M1	10	Motor trifásico $U=690/400\text{ V}$; $P=12.000\text{W}$; $\cos \varphi =0,88$.
	M2 + M3	20 (*)	M2: Motor trifásico $U=690/400\text{ V}$; $P=8.000\text{W}$; $\cos \varphi =0,85$. M3: Motor trifásico $U=690/400\text{ V}$; $P=16.000\text{W}$; $\cos \varphi =0,90$.
Almacén-calidad	AL2	25 (*)	Lámparas fluorescentes repartidas uniformemente; $P=900\text{W}$; $\cos \varphi =0,90$.
	TC2	30 (*)	9 Tomas monofásicas repartidas uniformemente. $I= 16\text{ A}$.
	M4	20	Motor trifásico $U=690/400\text{ V}$; $P=2.000\text{W}$; $\cos \varphi =0,86$.
Oficinas	AL3	18 (*)	Lámparas fluorescentes repartidas uniformemente; $P=2.400\text{W}$; $\cos \varphi =0,90$.
	TC3	24 (*)	15 Tomas monofásicas repartidas uniformemente. $I= 16\text{ A}$.

(*) Se supone que la carga total se encuentra concentrada a dicha longitud.

Calcular:

- La previsión de potencia de la instalación eléctrica, si la tensión de alimentación es trifásica de 400 V entre fases (3F+N).
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de la derivación individual DI si la longitud de la misma es 10 m.
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de la línea L1 que alimenta el cuadro secundario del taller CT desde el cuadro general CG, si se admite una caída de tensión máxima del 1,5%. La longitud de la línea es de 16 m.
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de las líneas AL1, TC1, M1 y M2+M3 que parten del cuadro secundario del taller CT.

Solución:

a) Previsión de potencia.

Los factores de corrección aplicados se indican en el apartado 10.5.1. El factor de utilización F_u se toma igual a 1 para todos los receptores.

- Cuadro secundario taller CT:

$$F_s = 0,1 + \frac{0,9}{N} = 0,1 + \frac{0,9}{6} = 0,25$$

$$P_{TC1\text{unitaria}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 16 \cdot 1 = 11.085\text{ W}$$

$$P_{TC1} = F_s \cdot N \cdot P_{TC1\text{unitaria}} = 0,25 \cdot 6 \cdot 11.085 = 16.628\text{ W}$$

$$P_{CT} = 1,8 \cdot P_{AL1} + P_{TC1} + 1,25 \cdot P_{M1} + P_{M2} + 1,25 \cdot P_{M3}$$

$$P_{CT} = 1,8 \cdot 3.600 + 16.628 + (1,25 \cdot 12.000) + 8.000 + (1,25 \cdot 16.000) = 66.108\text{ W}$$

$$P_{CT\text{previsión}} = F_s \cdot P_{CT} = 0,8 \cdot 66.108 = 52.886\text{ W}$$

- Cuadro secundario almacén-calidad CAC:

$$F_s = 0,1 + \frac{0,9}{N} = 0,1 + \frac{0,9}{9} = 0,20$$

$$P_{TC2\text{unitaria}} = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 16 \cdot 1 = 3.680 \text{ W}$$

$$P_{TC2} = F_s \cdot N \cdot P_{TC2\text{unitaria}} = 0,20 \cdot 9 \cdot 3.680 = 6.624 \text{ W}$$

$$P_{CAC} = 1,8 \cdot P_{AL2} + P_{TC2} + 1,25 \cdot P_{M4}$$

$$P_{CAC} = 1,8 \cdot 900 + 6.624 + (1,25 \cdot 2000) = 10.744 \text{ W}$$

$$P_{CAC\text{previsión}} = F_s \cdot P_{CAC} = 0,9 \cdot 10.744 = 9.670 \text{ W}$$

- Cuadro secundario oficinas CO:

$$F_s = 0,1 + \frac{0,9}{N} = 0,1 + \frac{0,9}{15} = 0,16$$

$$P_{TC3\text{unitaria}} = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 16 \cdot 1 = 3.680 \text{ W}$$

$$P_{TC3} = F_s \cdot N \cdot P_{TC3\text{unitaria}} = 0,16 \cdot 15 \cdot 3.680 = 8.832 \text{ W}$$

$$P_{CO} = 1,8 \cdot P_{AL3} + P_{TC3}$$

$$P_{CO} = (1,8 \cdot 2.400) + 8.832 = 13.152 \text{ W}$$

$$P_{CO\text{previsión}} = F_s \cdot P_{CO} = 0,9 \cdot 13.152 = 11.837 \text{ W}$$

- La previsión de potencia será igual:

$$P_{T\text{previsión}} = F_s \cdot (P_{CT\text{previsión}} + P_{CAC\text{previsión}} + P_{CO\text{previsión}})$$

$$P_{T\text{previsión}} = 0,9 \cdot (52.886 + 9.670 + 11.837) = 66.954 \text{ W}$$

$$\text{La previsión de potencia } P_{T\text{previsión}} = 66.954 \text{ W}$$

b) Sección de la derivación individual DI.

- La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una DI para un solo usuario es $e(\%) = 1,5\% \cdot U$.

$$e = \frac{1,5 \cdot U}{100} = \frac{1,5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 6 \text{ V}$$

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de XLPE es de 90°C, el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{90} = 44 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$.

- Cálculo de la sección S para una línea trifásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{10 \text{ m} \cdot 66.954 \text{ W}}{44 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2 \cdot 6 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 6,34 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 10 \text{ mm}^2$$

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

- Se toma un $\cos \varphi = 0,85$ que es un valor conservador que proporciona una intensidad superior a la real. La intensidad I que circula por cada una de las fases, para una línea trifásica, es igual:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{66.954 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 113,7 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *10 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$54 \text{ A} < 113,7 \text{ A (No cumple)}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 35 \text{ mm}^2$.

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

$$119 \text{ A} > 113,7 \text{ A}$$

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 16 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r .

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{10 \text{ m} \cdot 66.954 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 35 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 1,09 \text{ V} < 6 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

c) Sección de la línea secundaria L1.

- La caída de tensión máxima admitida para la línea que alimenta el cuadro secundario del taller CT desde el cuadro general CG es $e(\%) = 1,5\% \cdot U$.

$$e = \frac{1,5 \cdot U}{100} = \frac{1,5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 6 \text{ V}$$

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de XLPE es de 90°C, el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{90} = 44 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$.

- Cálculo de la sección S para una línea trifásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{16 \text{ m} \cdot 52.886 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 6 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 8,01 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 10 \text{ mm}^2$$

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

- Se toma un $\cos \varphi = 0,85$ que es un valor conservador que proporciona una intensidad superior a la real. La intensidad I que circula por cada una de las fases, para una línea trifásica, es igual:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{52.886 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 89,8 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *10 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$54 \text{ A} < 89,8 \text{ A (No cumple)}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 25 \text{ mm}^2$.

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

$$95 \text{ A} > 89,8 \text{ A}$$

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 16 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{16 \text{ m} \cdot 52.886 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 25 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 1,92 \text{ V} < 6 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

d) Sección de las líneas que parten del cuadro secundario del taller.

- Línea AL1. La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una instalación interior de alumbrado es $e(\%) = 3\% \cdot U$.

$$e = \frac{3 \cdot U}{100} = \frac{3 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 12 \text{ V}$$

Como la caída de tensión real calculada en el apartado c) es de 1,92 V, el valor de la caída de tensión para este tramo es igual a $12 \text{ V} - 1,92 \text{ V} = 10,08 \text{ V}$.

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de XLPE es de 90°C, el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{90} = 44 \text{ m}/\Omega \text{mm}^2$.

- Cálculo de la sección S para una línea monofásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U_{\text{FN}}} = \frac{2 \cdot 36 \text{ m} \cdot 1,8 \cdot \frac{3.600}{3} \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot \frac{10,08}{\sqrt{3}} \text{ V} \cdot 230 \text{ V}} = 2,64 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 4 \text{ mm}^2$$

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

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

$$I = \frac{P}{U_{FN} \cdot \cos \varphi} = \frac{1,8 \cdot \frac{3.600}{3} \text{ W}}{230 \text{ V} \cdot 0,90} = 10,4 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *4 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$31 \text{ A} > 10,4 \text{ A}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 4 \text{ mm}^2$.

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 4 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r

$$e_r = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{2 \cdot 36 \text{ m} \cdot 1,8 \cdot \frac{3.600}{3} \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 230 \text{ V}} = 3,84 \text{ V} < \frac{10,08}{\sqrt{3}} \text{ V} = 5,82 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

- Línea TC1. La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una instalación interior de fuerza es $e(\%) = 5\% \text{ U}$.

$$e = \frac{5 \cdot U}{100} = \frac{5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 20 \text{ V}$$

Como la caída de tensión real calculada en el apartado c) es de 1,92 V, el valor de la caída de tensión para este tramo es igual a $20 \text{ V} - 1,92 \text{ V} = 18,08 \text{ V}$.

- El valor de la temperatura máxima de trabajo para un aislamiento de XLPE es de 90°C, el valor de la conductividad del cobre a esta temperatura $\gamma_{90} = 44 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2$.

- Cálculo de la sección S para una línea trifásica para que cumpla por caída de tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{30 \text{ m} \cdot 16.628 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{ mm}^2 \cdot 18,08 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 1,57 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 2,5 \text{ mm}^2$$

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

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

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{16.628 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 1} = 24 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *2,5 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$23 \text{ A} < 24 \text{ A (No cumple)}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 4 \text{ mm}^2$.

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

$$31 \text{ A} > 24 \text{ A}$$

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 4 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{30 \text{ m} \cdot 16.628 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 7,09 \text{ V} < 18,08 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

- Línea M1. La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una instalación interior de fuerza es $c(\%) = 5\% \cdot U$.

$$e = \frac{5 \cdot U}{100} = \frac{5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 20 \text{ V}$$

Como la caída de tensión real calculada en el apartado c) es de 1,92 V, el valor de la caída de tensión para este tramo es igual a $20 \text{ V} - 1,92 \text{ V} = 18,08 \text{ V}$.

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

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{10 \text{ m} \cdot 1,25 \cdot 12.000 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 18,08 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 0,47 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 2,5 \text{ mm}^2$$

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

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

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{1,25 \cdot 12.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,88} = 24,6 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *2,5 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$23 \text{ A} < 24,6 \text{ A (No cumple)}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 4 \text{ mm}^2$.

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

$$31 \text{ A} > 24,6 \text{ A}$$

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 4 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{10 \text{ m} \cdot 1,25 \cdot 12.000 \text{ W}}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 2,13 \text{ V} < 18,08 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

- Línea M2+M3. La caída de tensión máxima permitida por el REBT para una instalación interior de fuerza es $e(\%) = 5\% \cdot U$.

$$e = \frac{5 \cdot U}{100} = \frac{5 \cdot 400 \text{ V}}{100} = 20 \text{ V}$$

Como la caída de tensión real calculada en el apartado c) es de 1,92 V, el valor de la caída de tensión para este tramo es igual a $20 \text{ V} - 1,92 \text{ V} = 18,08 \text{ V}$.

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

$$S = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot e \cdot U} = \frac{20 \text{ m} \cdot (8.000 \text{ W} + (1,25 \cdot 16.000 \text{ W}))}{44 \text{ m} / \Omega \text{mm}^2 \cdot 18,08 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 1,76 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{Sección normalizada } S = 2,5 \text{ mm}^2$$

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

- Se toma un $\cos \phi = 0,85$ que es un valor conservador que proporciona una intensidad superior a la real. La intensidad I que circula por cada una de las fases, para una línea trifásica, es igual:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi} = \frac{(8.000 \text{ W} + (1,25 \cdot 16.000 \text{ W}))}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 47,6 \text{ A}$$

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

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

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

→ Método instalación: *B1*

→ Aislamiento del conductor XLPE y 3 conductores cargados: *XLPE3*

→ Sección normalizada calculada por caída de tensión y material conductor: *2,5 mm² COBRE*

→ Factor de corrección de temperatura ambiente en el aire de 40 °C: *1 (lectura directa sobre la tabla)*

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

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

$$23 \text{ A} < 47,6 \text{ A (No cumple)}$$

La sección normalizada para las 3 fases que cumple por caída de tensión y por calentamiento es: $S_{\text{fase}} = 10 \text{ mm}^2$.

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

$$54 \text{ A} > 47,6 \text{ A}$$

La sección normalizada para el neutro: $S_{\text{neutro}} = 10 \text{ mm}^2$.

- Caída de tensión real e_r

$$e_r = \frac{L \cdot P}{\gamma_{90} \cdot S \cdot U} = \frac{20 \text{ m} \cdot (8.000 \text{ W} + (1,25 \cdot 12.000 \text{ W}))}{44 \text{ m} / \Omega\text{mm}^2 \cdot 10 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ V}} = 3,18 \text{ V} < 18,08 \text{ V} = e_{\text{máx}}$$

Actividades



8. Calcular del ejemplo nº 5:

- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de la línea L2 que alimenta el cuadro secundario del almacén-calidad CAC desde el cuadro general CG, si se admite una caída de tensión máxima del 1 %. La longitud de la línea es de 12 m.
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de las líneas AL2, TC2 y M4 que parten del cuadro secundario del almacén-calidad CAC.
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de la línea L3 que alimenta el cuadro secundario de las oficinas CO desde el cuadro general CG, si se admite una caída de tensión máxima del 1,8 %. La longitud de la línea es de 30 m.
- La sección normalizada de los conductores y la caída de tensión real e_r de las líneas AL3 y TC3 que parten del cuadro secundario de las oficinas CO.

9. Un taller tiene una línea trifásica de 400 V de tensión asignada que alimenta cuatro motores trifásicos con las siguientes características:

Motor	Potencia (kW)	Tensión (V)	Cos φ
1	25	400	0,88
2	20	400	0,80
3	16	400	0,85
4	12	400	0,90

Calcular la sección normalizada de los conductores, el diámetro del tubo para alojarlos y las características del interruptor magnetotérmico para protegerla. La instalación se realizará bajo tubo en montaje superficial, utilizando conductores de cobre unipolares aislados con XLPE, de una tensión asignada de 0,6/1 kV y la longitud de la línea es de 40 m. Temperatura ambiente 40 °C en el aire.

El proyecto



Ejemplo práctico. Enunciado del proyecto

Objetivos

La teoría explicada acerca de los documentos que componen un proyecto la llevaremos a la práctica mediante el enunciado de un "proyecto eléctrico de un edificio destinado a viviendas" y su resolución en cada uno de los documentos que lo componen (Memoria, Cálculos, Planos, Pliego de condiciones y Presupuesto), cumpliendo el REBT y las normativas vigentes. Los documentos que componen dicho proyecto se incluirán en la unidad didáctica 11.

Con ello pretendemos que conozcáis cómo se elaboran estos documentos y que seáis capaces de interpretarlos teniendo en cuenta los reglamentos y las normativas que los regulan.

Enunciado

Título del proyecto: "Proyecto eléctrico de un edificio destinado a viviendas".

A continuación, se detallan los datos de partida.

- El edificio consta de 7 plantas (planta sótano, planta baja, 1ª, 2ª, 3ª, 4ª y 5ª planta).
- El sótano se destinará a garaje privado con una superficie de 425 m², ventilación natural y capacidad para 24 coches.
- En la planta baja se encuentran:
 - El vestíbulo (37 m²) con la puerta de entrada para el acceso a las viviendas, ya sea por la escalera o por el ascensor.
 - Un local para la ubicación de los contadores (5 m²).
 - Un local para trastero (20 m²).
 - Dos locales para uso comercial (400 m²).
- En las plantas 1ª a 5ª hay 4 viviendas iguales por rellano con una superficie de 120 m² cada una.
- Se prevé un grado de electrificación básica para todas las viviendas.
- La superficie de la escalera y los rellanos es de 125 m².
- El ascensor tiene capacidad para 4 personas (carga 300 kg) y una velocidad de 0,63 m/s.
- El trazado de la acometida será subterráneo.
- La caja general de protección (CGP) se emplazará junto a la puerta de entrada al vestíbulo.

El proyecto abarca toda la instalación eléctrica, excepto la del garaje privado, los locales comerciales y el ascensor. No obstante, se tendrá en cuenta para el cálculo de la potencia total que se deberá contratar a la compañía eléctrica.

Se adjuntan los siguientes planos:

- Planta baja del edificio con la ubicación de la caja general de protección (CGP) y el cuarto para el alojamiento de los contadores.
- Planta de una de las viviendas.
- Planta 5ª del edificio (detalle del rellano).

Actividades finales

- Indica si los siguientes locales o zonas pertenecen a: *locales de pública concurrencia*, a *locales con riesgo de incendio o explosión*, o *locales de características especiales*:
 - Parque de atracciones.
 - Fábrica de productos químicos.
 - Taller de reparación de vehículos.
 - Laboratorio de ensayo.
 - Estadio de fútbol.
 - Cabina de pintura.
 - Estación de trenes.
 - Trabajo a la intemperie.
 - Industria de fabricación y proceso de fibras.
 - Guardería.
 - Biblioteca.
 - Lavaderos públicos.
 - Oficina de empleo.
 - Industria de procesamiento de la madera.
 - Industria de tratamiento de granos y derivados.
 - Restaurante situado en la 10ª planta de un edificio.
 - Iglesia.
 - Cámaras de congelación de productos frigoríficos.
 - Mirador situado en un campanario.
 - Tintorería industrial.
 - Zona de la tintorería donde se trabaje con líquidos inflamables.
- Del ejercicio anterior, los identificados como locales de pública concurrencia, especificad si son:
 - Locales de espectáculos o actividades recreativas.
 - Locales de reunión.
 - Locales de trabajo.
 - Locales de uso sanitario.
 - Locales con dificultad de evacuación (BD2, BD3, BD4).
 - Otros locales.
- De los locales identificados en el *Ejercicio 2*, indicad cuáles precisan alumbrado de emergencia, suministro de socorro o suministro de reserva.
- Realiza un cuadro que nos sirva de guía para determinar si un local es de pública concurrencia.
- Indicar los tres tipos en que se clasifican los suministros complementarios según el artículo 10 del REBT.
- ¿Es obligatorio el alumbrado de emergencia para un local de pública concurrencia?
- Dibuja un esquema con los diferentes tipos de alumbrado que componen el alumbrado de emergencia e indica cuál es la función de cada uno.
- Indicar los lugares más comunes donde colocar los equipos de alumbrado de emergencia.
- Indica de qué manera podemos calcular, actualmente, el número de aparatos destinados al alumbrado de emergencia que vamos a necesitar para una instalación determinada.
- Indica qué significa el marcado de la siguiente tabla, referido a tipos de luminaria para alumbrado de emergencia.

Celda nº			
1ª	2ª	3ª	4ª
Z	1	****	
X	1	*B*D	*60
- Del *Ejercicio 1*, los identificados como locales con riesgo de incendio o explosión, indica cuáles son de emplazamiento de clase I y cuáles de clase II.
- Completa la tabla siguiente relativa a las características de los diferentes modos de protección para instalaciones interiores en locales con riesgo de incendio o explosión:

Modos de protección	Características
Envoltente antideflagrante "d"	
Inmersión en aceite "o"	
Seguridad intrínseca "i"	
Sistema de seguridad intrínseca	
- Escribe 5 ejemplos de emplazamientos peligrosos debido a la existencia de atmósferas potencialmente explosivas.
- Qué información debe incluirse en la documentación del proyecto de la instalación, en locales con riesgo de incendio o explosión.
- Del *Ejercicio 1*, los identificados como locales de características especiales, concreta a qué categoría corresponde cada uno.
- Define cada una de las instalaciones interiores de locales de características especiales; pon un ejemplo de cada una.

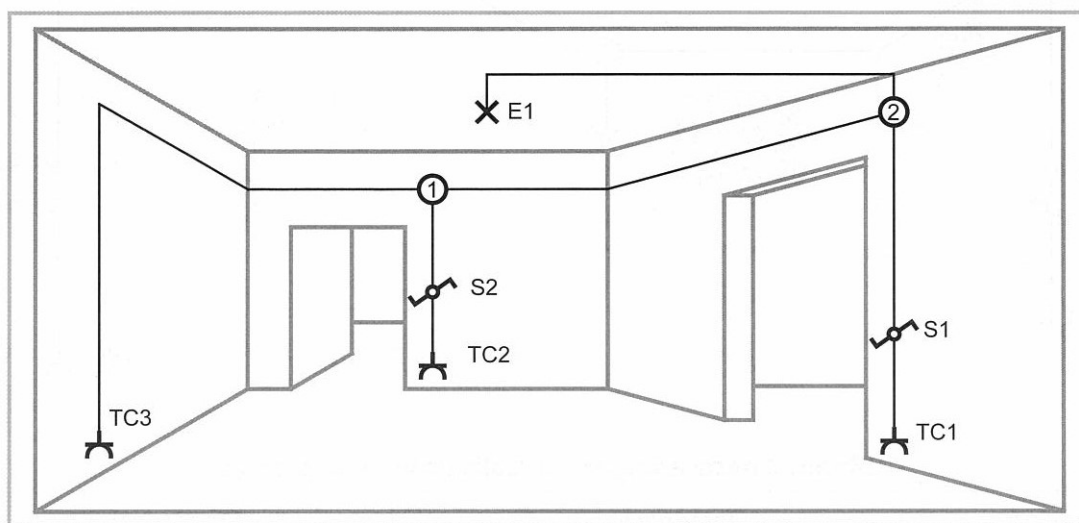
Prácticas de taller

Práctica 45



Montaje de la instalación representada en el esquema unifilar del plano en perspectiva

Plano en perspectiva con esquema de instalación unifilar



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
		Las prácticas de esta unidad didáctica han de realizarse en un panel de grandes dimensiones (aprox. 180 x 200 cm).
		Los conmutadores S1 y S2 mandan el punto de luz E1.

Características de la instalación:

- 1) Entrada de corriente por caja nº 1.
- 2) El esquema consta de los tres siguientes circuitos: iluminación, tomas de corriente (TC1 y TC2) y una toma de corriente TC3 para calefacción.

Trabajos a realizar:

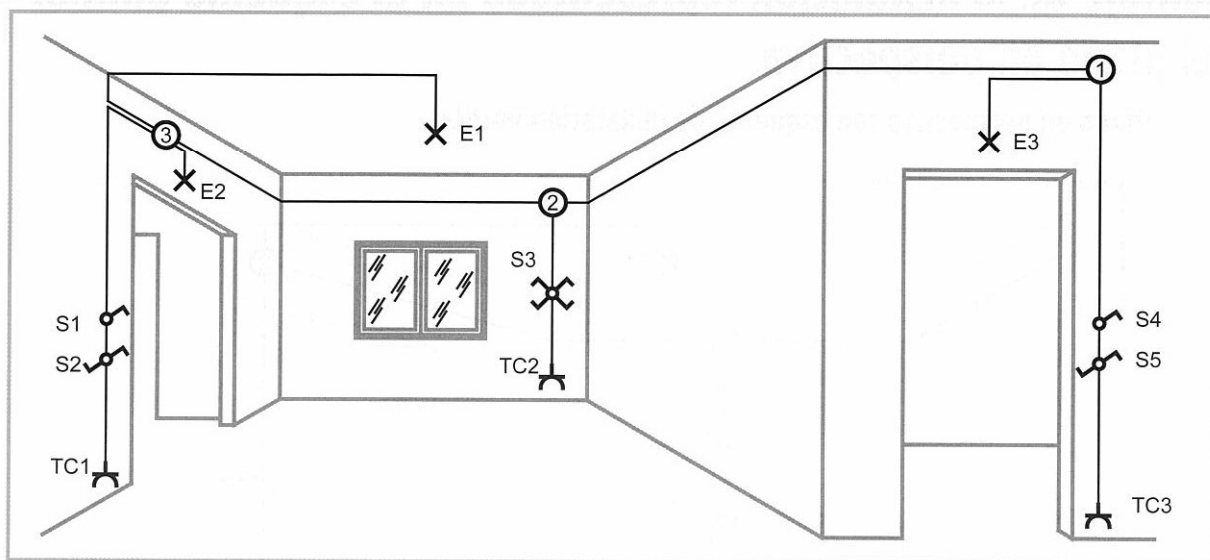
- a) En una hoja aparte, dibujar el esquema de instalación multifilar con la simbología normalizada.
- b) Confeccionar la lista del material necesario para montar los circuitos.
- c) Distribuir y montar el circuito siguiendo el esquema multifilar.
- d) Antes de conectar los tres circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- e) Probar el correcto funcionamiento de la instalación.

Práctica 46



Montaje de la instalación representada en el esquema unifilar del plano en perspectiva

Plano en perspectiva con esquema de instalación unifilar



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
		<p>Las prácticas de esta unidad didáctica han de realizarse en un panel de grandes dimensiones (aprox. 180 x 200 cm).</p> <p>Los conmutadores S2, S3 y S5 mandan el punto de luz E1.</p> <p>Los interruptores S1 y S4 mandan los puntos de luz E2 y E3 respectivamente.</p>

Características de la instalación:

- 1) Entrada de corriente por caja nº 3.
- 2) El esquema consta de los dos siguientes circuitos: iluminación y tomas de corriente (TC1, TC2 y TC3).

Trabajos a realizar:

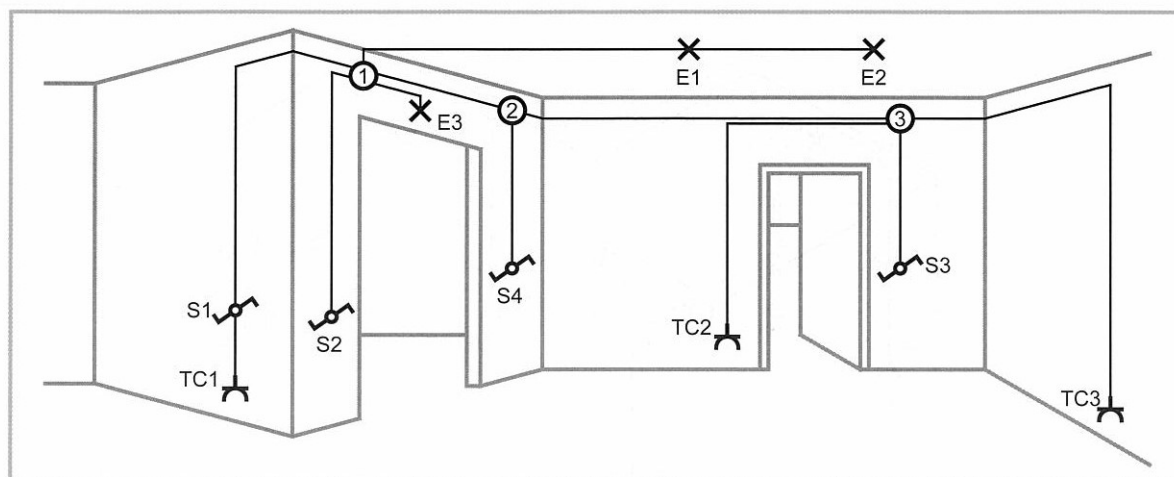
- a) En una hoja aparte, dibujar el esquema de instalación multifilar con la simbología normalizada.
- b) Confeccionar la lista del material necesario para montar los circuitos.
- c) Distribuir y montar el circuito siguiendo el esquema multifilar.
- d) Antes de conectar ambos circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- e) Probar el correcto funcionamiento de la instalación.

Práctica 47



Montaje de la instalación representada en el esquema unifilar del plano en perspectiva

Plano en perspectiva con esquema de instalación unifilar



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
		Las prácticas de esta unidad didáctica han de realizarse en un panel de grandes dimensiones (aprox. 180 x 200 cm).
		Los conmutadores S2 y S3 mandan los puntos de luz E1 y E2.
		Los conmutadores S1 y S4 mandan el punto de luz E3.

Características de la instalación:

- 1) Entrada de corriente por caja nº 1.
- 2) El esquema consta de los tres siguientes circuitos: iluminación, toma de corriente (TC2) y calefacción (TC1 y TC3).

Trabajos a realizar:

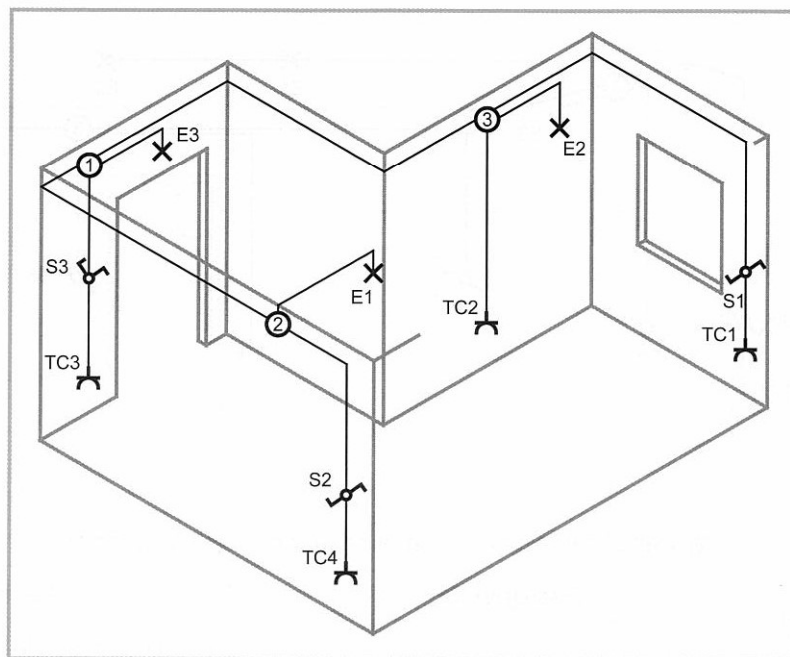
- a) En una hoja aparte, dibujar el esquema de instalación multifilar con la simbología normalizada.
- b) Confeccionar la lista del material necesario para montar los circuitos.
- c) Distribuir y montar el circuito siguiendo el esquema multifilar.
- d) Antes de conectar los tres circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- e) Probar el correcto funcionamiento de la instalación.

Práctica 48



Montaje de la instalación representada en el esquema unifilar del plano en perspectiva.

Plano en perspectiva con esquema de instalación unifilar



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
		<p>Las prácticas de esta unidad didáctica han de realizarse en un panel de grandes dimensiones (aprox. 180 x 200 cm).</p> <p>Los conmutadores S1 y S2 mandan el punto de luz E1.</p> <p>El doble interruptor S3 manda los puntos de luz E2 y E3 respectivamente.</p>

Características de la instalación:

- 1) Entrada de corriente por caja nº 1.
- 2) El esquema consta de los dos siguientes circuitos: iluminación y tomas de corriente (TC1, TC2, TC3 y TC4).

Trabajos a realizar:

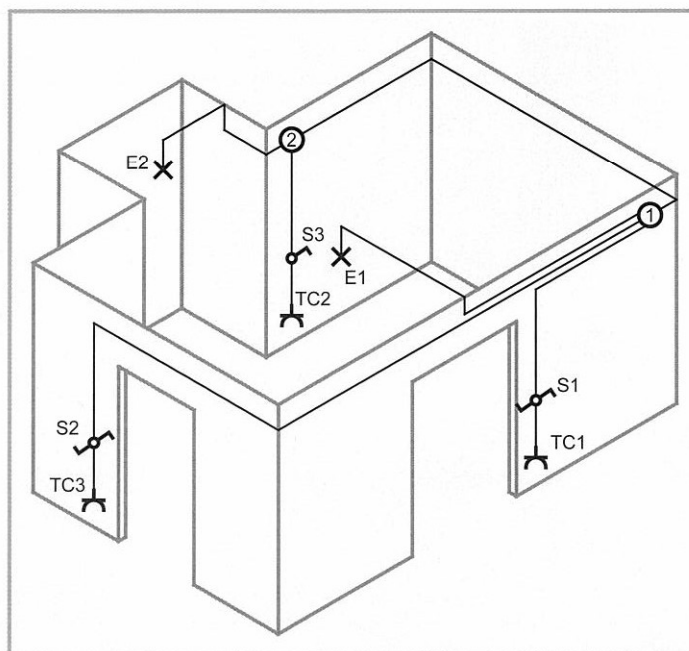
- a) En una hoja aparte, dibujar el esquema de instalación multifilar con la simbología normalizada.
- b) Confeccionar la lista del material necesario para montar los circuitos.
- c) Distribuir y montar el circuito siguiendo el esquema de la instalación.
- d) Antes de conectar ambos circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- e) Probar el correcto funcionamiento de la instalación.

Práctica 49



Montaje de la instalación representada en el esquema unifilar del plano en perspectiva

Plano en perspectiva con esquema de instalación unifilar



Material necesario para la realización de la práctica

Cantidad	Designación	Observaciones
		<p>Las prácticas de esta unidad didáctica han de realizarse en un panel de grandes dimensiones (aprox. 180 x 200 cm).</p> <p>Los conmutadores S1 y S2 mandan el punto de luz E1.</p> <p>El interruptor S3 manda el punto de luz E2.</p>

Características de la instalación:

- 1) Entrada de corriente por caja nº 1.
- 2) El esquema consta de los tres siguientes circuitos: i iluminación, tomas de corriente (TC1 y TC3) y toma de corriente para calefacción (TC2).

Trabajos a realizar:

- a) En una hoja aparte, dibujar el esquema de instalación multifilar con la simbología normalizada.
- b) Confeccionar la lista del material necesario para montar los circuitos.
- c) Distribuir y montar el circuito siguiendo el esquema de la instalación.
- d) Antes de conectar los tres circuitos a la alimentación, comprobar que éstos no están comunicados con ayuda de un polímetro.
- e) Probar el correcto funcionamiento de la instalación.