

Apuntes de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión

Universidad Politécnica de Valencia
Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Departamento de Ingeniería Eléctrica

Autores:

José Manuel Díez Aznar

Pedro Ángel Blasco Espinosa

Índice

Unidad Didáctica 1: Estructura y Descripción de Instalaciones Eléctricas de B.T

Tema 1: Aspectos generales

- 1.- Esquema del sistema eléctrico.
- 2.- Definición de instalación eléctrica en BT.
- 3.- Normativa de aplicación.
- 4.- Reglamento electrotécnico para BT.
- 5.- Instaladores y empresas autorizadas.
- 6.- Documentación y puesta en servicio.
- 7.- Verificaciones e inspecciones.

Tema 2: Estructura de una instalación en BT.

- 1.- Esquema general de las instalaciones.
- 2.- Acometidas.
- 3.- Instalaciones de enlace.
- 4.- Instalaciones interiores.

Unidad Didáctica 2: Previsión y cálculo de potencias

Tema 3: Previsión y cálculo de potencias.

- 1.- Introducción.
- 2.- Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas.
- 3.- Previsión en otro tipo de edificaciones.
- 4.- Cálculo de potencias en una instalación en BT.
- 5.- Reparto y equilibrado de potencias.
- 6.- Ejercicios de aplicación.

Unidad Didáctica 3: Diseño y cálculo de líneas eléctricas en BT

Tema 4: Diseño y cálculo de líneas eléctricas en BT.

- 1.- Generalidades.
- 2.- Cálculo por caída de tensión.

- 3.- Cálculo por capacidad térmica.
- 4.- Sección del conductor neutro.
- 5.- Sección del conductor de protección.
- 6.- Ejercicios de aplicación.

Unidad Didáctica 4: Corrientes de cortocircuito y protecciones eléctricas

Tema 5: Cálculo de corrientes de cortocircuito.

- 1.- Introducción.
- 2.- Tipos de cortocircuito.
- 3.- Intensidad máxima y mínima de c.c.
- 4.- Cálculo de c.c. en una instalación.
- 5.- Ejercicios de aplicación.

Tema 6: Selección de protecciones eléctricas.

- 1.- Introducción.
- 2.- Fusible.
- 3.- Interruptor magnetotérmico.
- 4.- Diferencial.
- 5.- Protección contra sobretensiones.
- 6.- Coordinación de protecciones.
- 7.- Comprobación de la sección por cortocircuito.
- 8.- Ejercicios de aplicación.

Unidad Didáctica 5: Instalaciones de puesta a tierra

Tema 7: Puesta a tierra.

- 1.- Introducción.
- 2.- Composición de una instalación de puesta a tierra.
- 3.- Cálculo de la resistencia de tierra.
- 4.- Separación y unión de tomas de tierra.
- 5.- Ejercicio de aplicación.

Unidad Didáctica 1

Estructura y Descripción de Instalaciones Eléctricas de B.T.

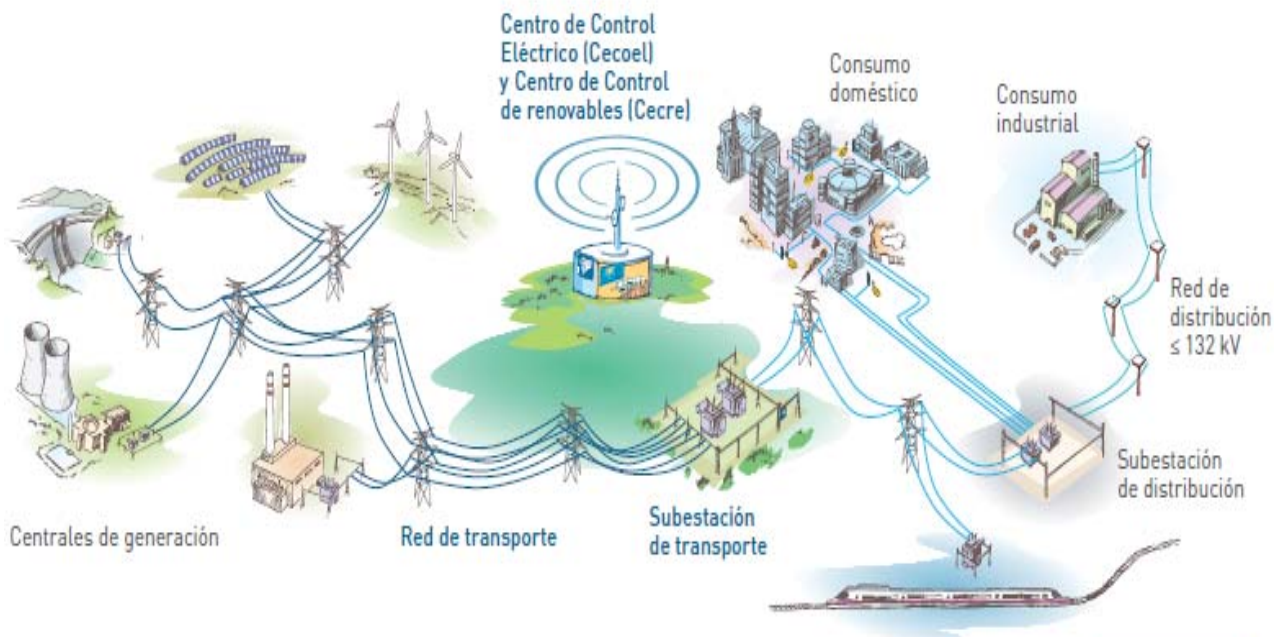
Unidad Didáctica 1

1

ASPECTOS GENERALES

1. Esquema del sistema eléctrico.
2. Definición de instalación eléctrica en BT.
3. Normativa de aplicación.
4. Reglamento electrotécnico para BT.
5. Instaladores y empresas autorizadas.
6. Documentación y puesta en servicio.
7. Verificaciones e inspecciones.

Esquema del sistema eléctrico



Fuente: Red Eléctrica Española (www.ree.es)

www.ree.es

Definición de Instalación Eléctrica en BT

Se entiende por instalación eléctrica a todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados en previsión de un fin particular: Producción, Conversión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía Eléctrica.

✚ Características de una instalación en B.T.

Tensión Continua $\leq 1500 \text{ V}$
Tensión Alterna $\leq 1000 \text{ V}$ } **B.T.**

Tensión usual entre fase/neutro = 230 V (Tensión simple)

Tensión usual entre fases = 400 V (Tensión compuesta)

Frecuencia empleada = 50 Hz

Normativa de aplicación

✚ Reglamento de Baja Tensión (RD 2 de agosto 842/2002).

De **OBLIGADO CUMPLIMIENTO** y constituido por:

- Reglamento (29 Artículos)
- Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC01 a ITC51)

✚ Guía Técnica de Aplicación.

Son de carácter **NO VINCULANTE**.

Guía elaborada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología cuyo objeto es facilitar la aplicación práctica de las exigencias que establece el Reglamento y sus ITCs.

Se mantiene actualizadas mediante revisiones que pueden ser consultadas en: http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/rebt_guia.asp

Normativa de aplicación

✚ Normas particulares de la empresa suministradora.

Tal y como se establece en el artículo 18 del RBT, las empresas distribuidoras podrán proponer normas particulares, que no contradigan el RBT, relativas a la construcción y montaje de acometidas e instalaciones de enlace.

Estas normas serán de **OBLIGADO CUMPLIMIENTO** dentro del ámbito de la empresa distribuidora. Toda instalación está sujeta a una distribuidora. (<http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/LegislacionNacional.aspx>)

✚ Normas UNE

Las ITCs del RBT están vinculadas a ellas.

Las Normas UNE son documentos elaborados por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), que contienen especificaciones técnicas para una actividad o producto y que han sido consensuadas entre todas las partes involucradas.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)

Las 51 Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) se pueden agrupar de la siguiente forma general:

- ITC-01 a ITC-05: Instrucciones de carácter Normativo y Administrativo
- ITC-06 a ITC-07: Redes de distribución (aérea y subterránea)
- ITC-08: Sistemas de conexión del neutro y de las masas
- ITC-09: Instalaciones de alumbrado exterior
- ITC-10: Previsión de cargas para suministros en BT
- ITC-11: Acometidas
- ICT-12 a ITC 17: Instalaciones de enlace
- ITC-18: Instalaciones de puesta a tierra
- ITC-19 a ITC-24: Instalaciones interiores o receptoras
- ITC-25 a ITC-27: Instalaciones interiores en viviendas
- ITC-28 a ITC-35: Instalaciones en locales especiales
- ITC-36: Instalaciones a muy baja tensión
- ITC-37: Instalaciones a tensiones especiales
- ITC-38 a ITC-39: Instalaciones confines especiales
- ITC-40: Instalaciones generadoras de baja tensión
- ITC-41 a ITC-50: Instalaciones eléctricas singulares (caravanas, puertos, marinas, muebles, radiadores de sauna)
- ITC-51: Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía, seguridad)

Instaladores y empresas autorizadas (ITC-03)

(Modificación de la ITC-03 según RD 560/2010)

Instalador autorizado en baja tensión es la persona física que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja tensión y sus ITCs. Deberá desarrollar su actividad en el seno de una empresa instaladora de baja tensión habilitada.

Empresa instaladora en baja tensión es la persona física que realiza, mantiene o repara las instalaciones eléctricas en el ámbito del Reglamento Electrotécnico para Baja tensión y sus ITCs. Deberán habilitarse en la Comunidad Autónoma, indicando para que categoría va a desempeñar su actividad y cumpliendo los requisitos exigidos.

CLASIFICACIÓN DE LOS INSTALADORES AUTORIZADOS.

❑ CATEGORIA BÁSICA.

Los instaladores de esta categoría podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones eléctricas comprendidas en el ámbito del REB que no se reserven a la categoría especialista.

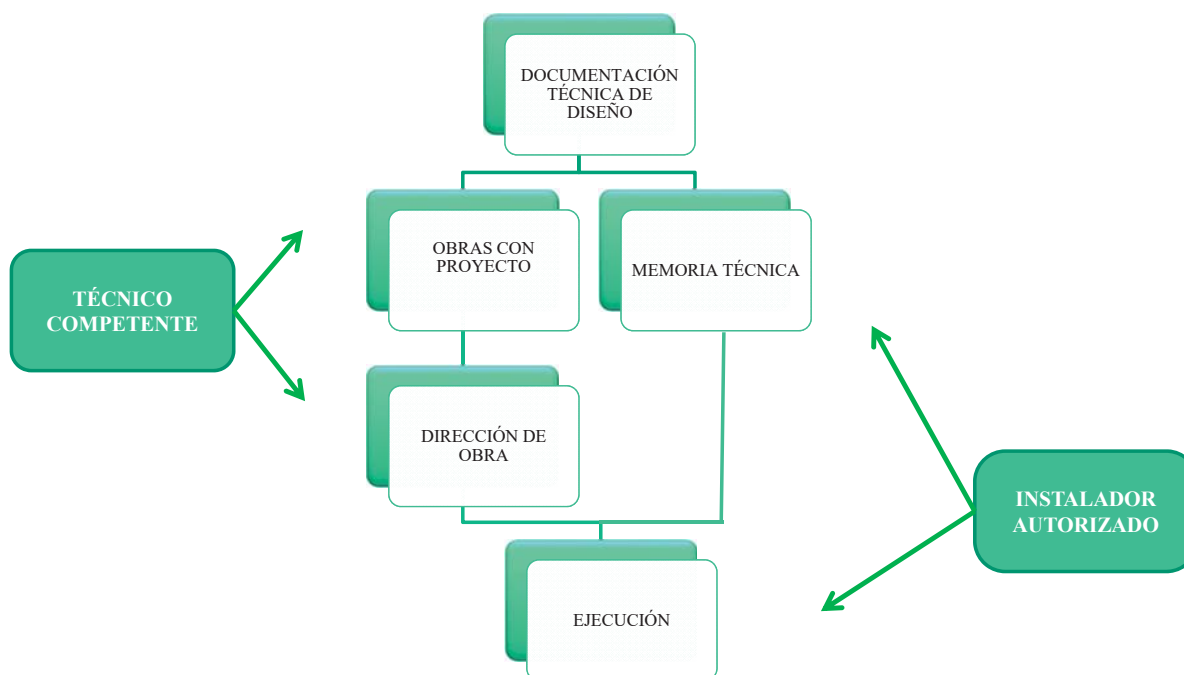
Instaladores y empresas autorizadas (ITC-03)

□ CATEGORIA ESPECIALISTA.

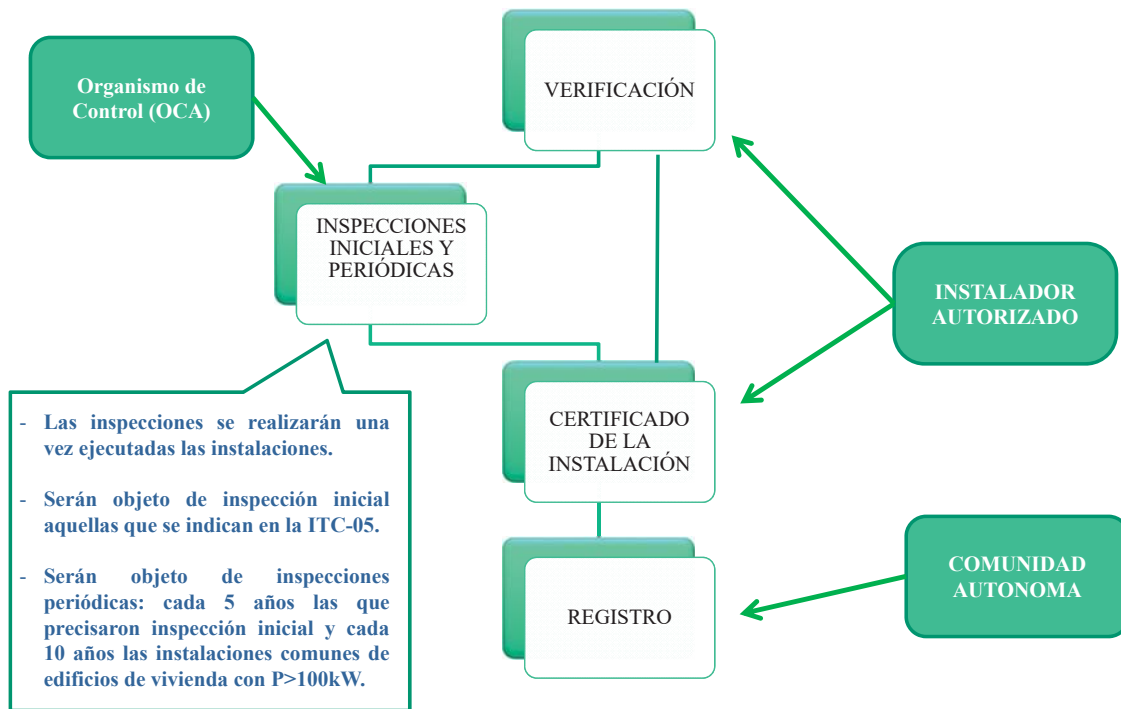
Los instaladores de la categoría especialista podrán realizar, mantener y reparar las instalaciones de la categoría **básica** y, además, las correspondientes a:

- Instalaciones **generadoras** de baja tensión.
- Lámparas de descarga en alta tensión, **rótulos luminosos**.
- Quirófanos y salas de intervención.
- Locales con riego de incendio o explosión.
- Líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía.
- Control de procesos.
- Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos.
- Sistemas de control distribuidos.
- Sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para la vivienda y edificios.

Documentación y puesta en servicio (ITC-04)



Verificaciones e inspecciones (ITC-05)

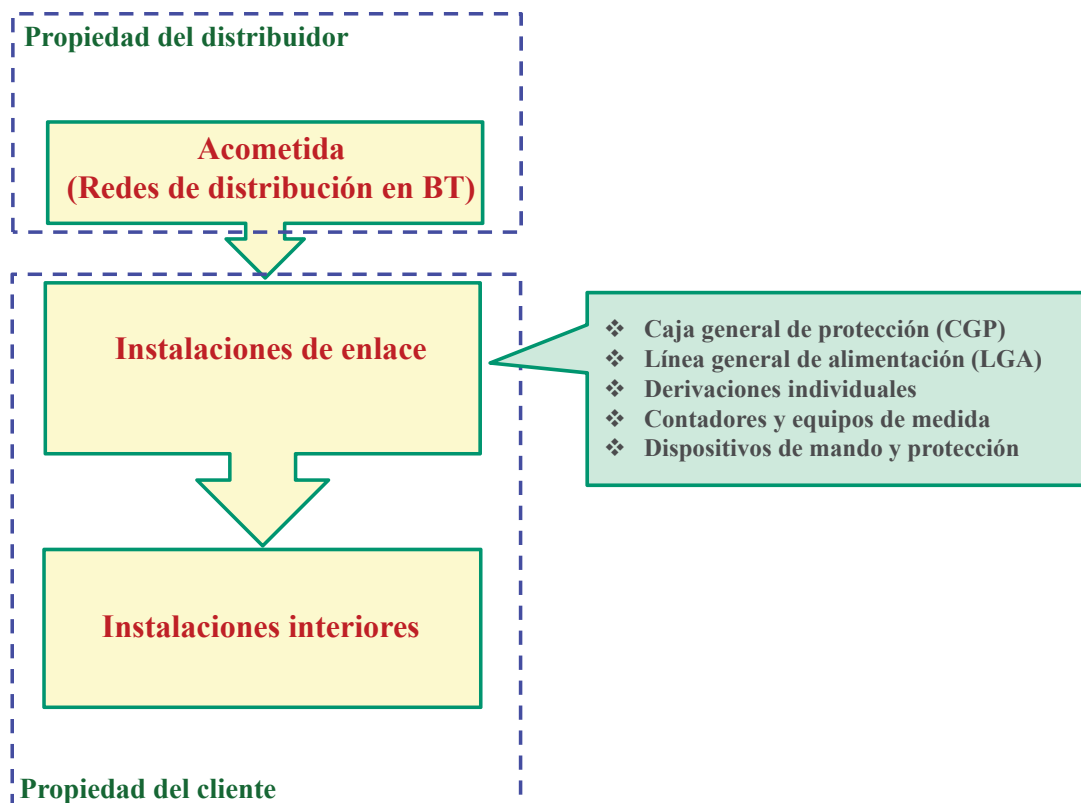


2

ESTRUCTURA DE UNA
INSTALACIÓN EN BT

1. Esquema general de las instalaciones.
2. Acometidas.
3. Instalaciones de enlace.
4. Instalaciones interiores.

Esquema general de las instalaciones



Acometidas

Son RESPONSABILIDAD de la empresa DISTRIBUIDORA: **ITC-011**

Parte de la instalación de la red de distribución, que dan suministro a la caja/s Generales de protección (CGP).

Pueden ser:

Acometidas **AÉREAS**:

- Posadas sobre fachada
- Tensadas sobre poste

Acometidas **SUBTERRÁNEAS**:

- Con entrada y salida
- En derivación (1 entrada y varias salidas)

Acometidas **MIXTAS**

- Aéreas/ Subterráneas

Todos los conductores serán para tensión asignada de **1000 V (0.6 / 1 KV)**, con clase de aislamiento según normas de la empresa suministradora.

- **RZ1-K (AS)** Polietileno reticulado (R), cubierta de Poliolefina (no propagador de la llama y baja emisión de humos)
- **DZ1-K (AS)** Etileno Propileno (D), cubierta de Poliolefina (no propagador de la llama y baja emisión de humos)

Acometidas

Acometida aérea posada sobre fachada.

Los cables posados sobre fachada serán aislados de tensión asignada 0.6/1 kV, y su instalación se hará preferentemente bajo conductos cerrados o canales protectoras con tapa desmontable con la ayuda de un útil.

Los tramos en que la acometida quede a una altura sobre el suelo inferior a 2.5 m. deberán protegerse con tubos o canales rígidos.

Para los cruces de las vías públicas y espacios sin edificar y dependiendo de la longitud del vano, los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos.

Estos cruces se realizarán de manera que el vano sea lo más corto posible, y la altura mínima no sea en ningún caso inferior a 6m.

Acometida aérea tensada sobre postes.

Los cables serán aislados 0.6/1kV y podrán instalarse suspendidos de un cable fiador o también mediante la utilización de un conductor neutro fiador.

Cumplirán lo establecido en la ITC-BT-06.

Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre las calles y carreteras no será, en ningún caso, inferior a 6m.

Acometidas

- Acometida subterránea.

Este tipo de instalación se realizará de acuerdo con lo indicado en la **ITC-BT-07**.

- Acometida aéreo – subterránea.

En el paso de acometidas subterráneas a aéreas, **el cable irá protegido desde la profundidad establecida según ITC-BT-07 y hasta una altura mínima de 2.5 m.**

❖ Instalación y características generales

- ✓ Con carácter general, las acometidas se realizarán siguiendo **los trazados más cortos**, realizando conexiones cuando éstas sean necesarias mediante sistemas o dispositivos apropiados.
- ✓ La acometida **discurrirá por terrenos de dominio públicos**, excepto en aquellos casos de acometidas aéreas o subterráneas en que hayan sido autorizadas las correspondientes servidumbres de paso.
- ✓ **En general se dispondrá de una sola acometida por edificio**. Podrá solicitarse una segunda acometida en determinados casos. Ver normativas particulares distribuidora
- ✓ La caída de tensión máxima admisible será la que la empresa distribuidora tenga establecida en su reparto de caídas de tensión en los elementos que constituyen la red.

Instalaciones de enlace

🔧 Definición y características generales ITC-012

Instalación que une la **caja general de protección** o cajas generales de protección, incluidas éstas, con las **instalaciones receptoras** del usuario o instalaciones interiores.

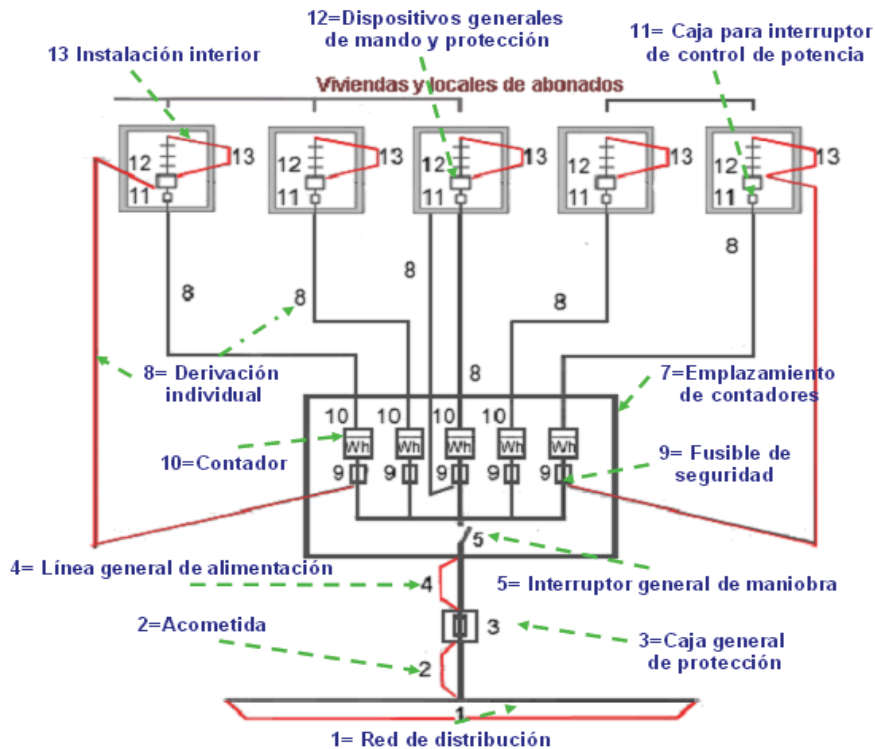
- ✓ Comienza en el final de la acometida, y termina en los dispositivos privados de mando y protección.
- ✓ Discurre por lugares de uso común, **y quedarán en propiedad del usuario**, el cual se responsabiliza de su conservación y mantenimiento.

Partes que constituyen la instalación de enlace:

- Caja General de Protección.
- Línea General de Alimentación.
- Contadores o Equipos de medida.
- Derivación Individual.
- Dispositivos de mando y protección.

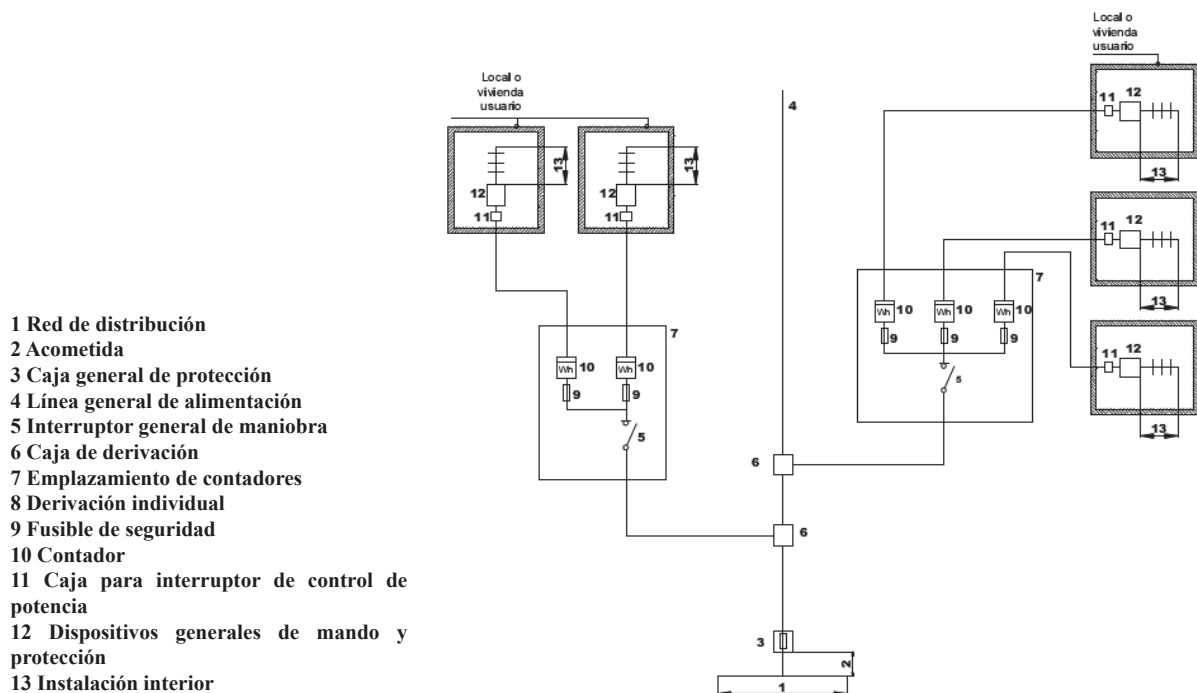
Son propiedad del Cliente

Instalaciones de enlace



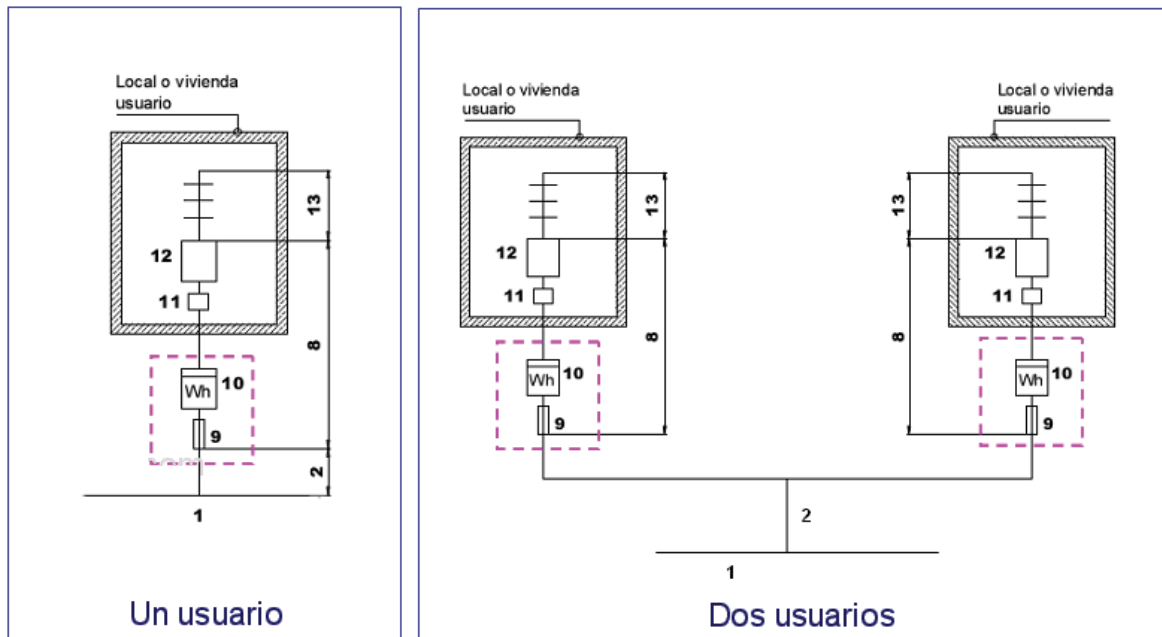
Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada en un lugar

Instalaciones de enlace



Esquema para varios usuarios con contadores en forma centralizada en más de un lugar

Instalaciones de enlace



1 Red de distribución
2 Acometida
3 Caja general de protección
4 Línea general de alimentación
5 Interruptor general de maniobra

6 Caja de derivación
7 Emplazamiento de contadores
8 Derivación individual
9 Fusible de seguridad
10 Contador

11 Caja para interruptor de control de potencia
12 Dispositivos generales de mando y protección
13 Instalación interior

Instalaciones de enlace

🔧 Caja general de protección (CGP) ITC-013.

La caja general de protección (CGP), señala el **principio de la propiedad** de las instalaciones del **cliente**, siendo la caja y su contenido propiedad del cliente.

Su función es proteger contra **sobrecargas y cortocircuitos** la Línea General de Alimentación (LGA).

Para homogeneizar las compañías suministradoras tienen seleccionados algunos tipos de **CGP** y **CPM**, que han sido aprobados por la Administración Pública y que se recogen en sus normas particulares.

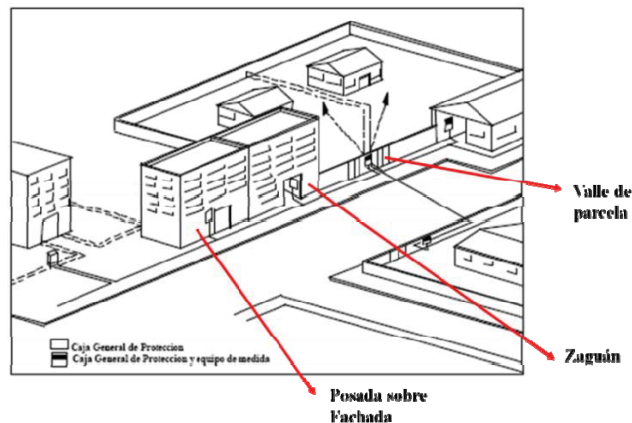
Emplazamiento e instalación:

- Se instalarán en las **fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso.**
- Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.
- En edificios con centro de transformación propio para distribución en baja tensión, los **fusibles del cuadro de baja tensión** podrán utilizarse como protección de la **L.G.A.** desempeñando la función de caja general de protección. (Iberdrola MT 2.80.12 de 2103 “Norma de Instalaciones de Enlace” dice que: siempre que sea posible, se colocará CGP para facilitar la reposición del servicio).

Instalaciones de enlace

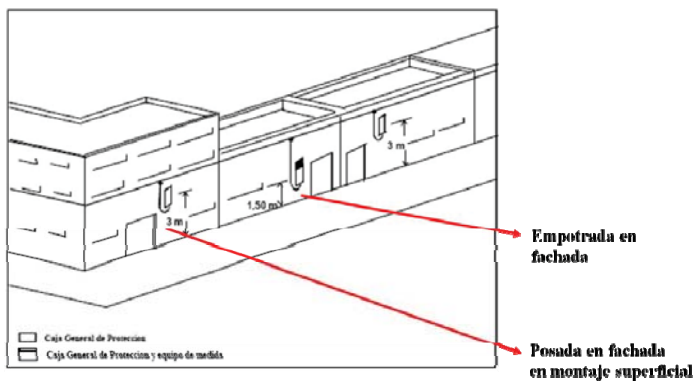
- ❑ Si la acometida es aérea podrán instalarse en montaje superficial a una altura sobre el suelo entre 3 m y 4 m.
- ❑ Si está previsto el paso de la red aérea a subterránea, la C.G.P. se situará como si se tratase de una acometida subterránea.
- ❑ Si la acometida es subterránea se instalará en un nicho en pared, con **puerta metálica**, grado de protección IK 10 y protegida contra la corrosión. Con cerradura o candado de empresa.
- ❑ No se alojarán más de dos C.G.P. en el interior del mismo nicho, una caja por cada L.G.A.
- ❑ Cuando para un suministro se precisen más de dos cajas, podrán utilizarse otras soluciones técnicas previo acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

• Situación de la CGP en redes subterráneas.

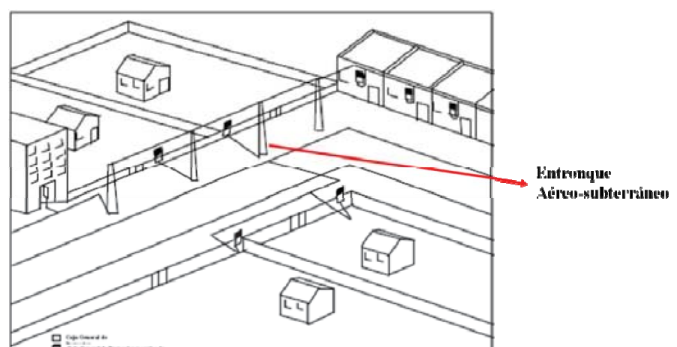


Instalaciones de enlace

• Situación de la CGP en redes aéreas posadas sobre fachada.



• Situación de la CGP en redes aéreas tendidas sobre apoyos.

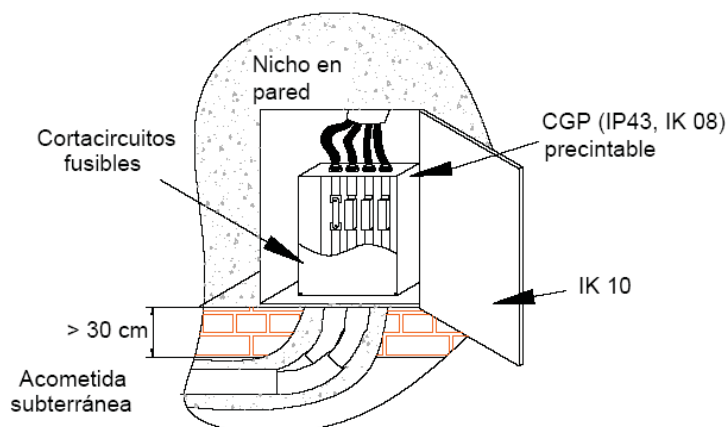


Instalaciones de enlace

Tipos y características:

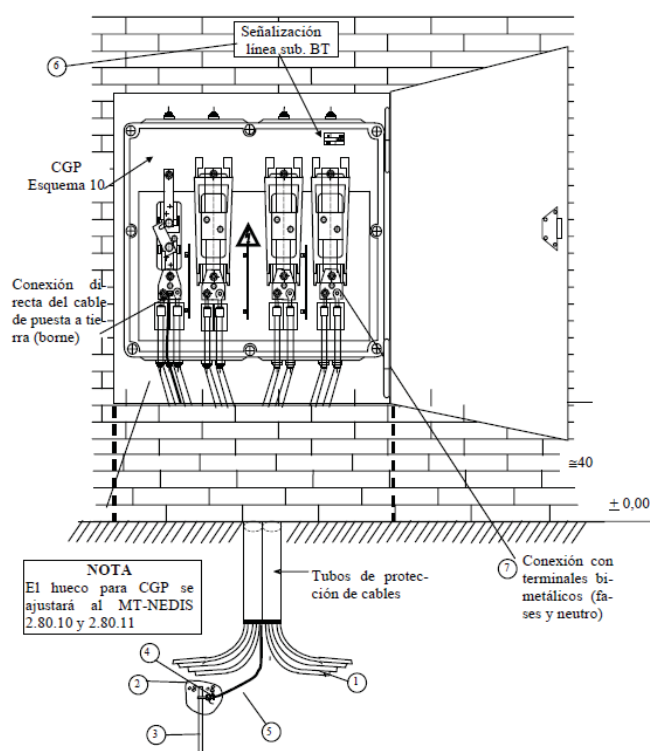
- ❑ Las cajas generales de protección corresponderán a uno de los tipos recogidos en las **normas particulares de la empresa suministradora**.
- ❑ Dentro de las mismas se instalarán **cortacircuitos fusibles** en todos los conductores de fase o polares (cilíndricos o de cuchillas), con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista.
- ❑ El **neutro** estará constituido por **una conexión amovible** situada a la izquierda de las fases y podrá disponer también de un **borne de puesta a tierra**.
- ❑ El esquema de caja general de protección a utilizar estará en función de las necesidades del suministro solicitado, del tipo de red de alimentación y **lo determinará la empresa suministradora**.

Detalle de CGP con acometida subterránea



Instalaciones de enlace

CONEXIÓN - CGP - TRIFÁSICA Y PUESTA A TIERRA (ALIMENTACIÓN CON ENTRADA Y SALIDA DE LA RED)



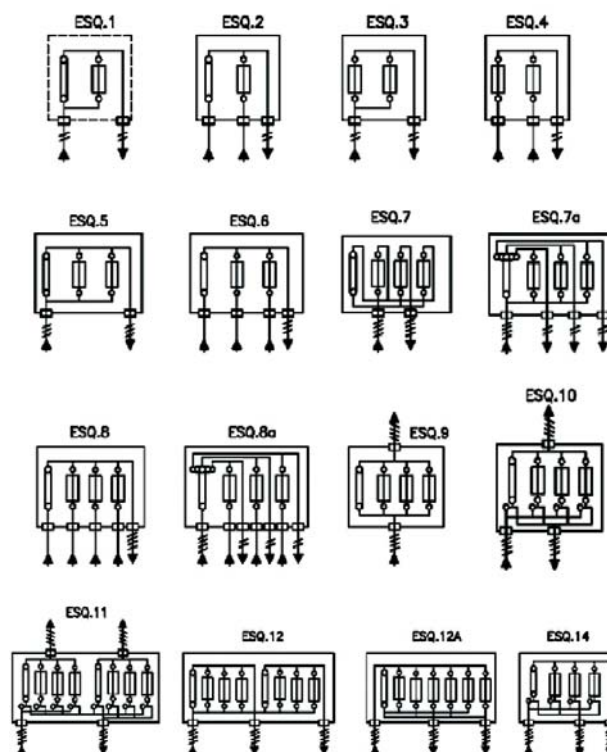
Instalaciones de enlace



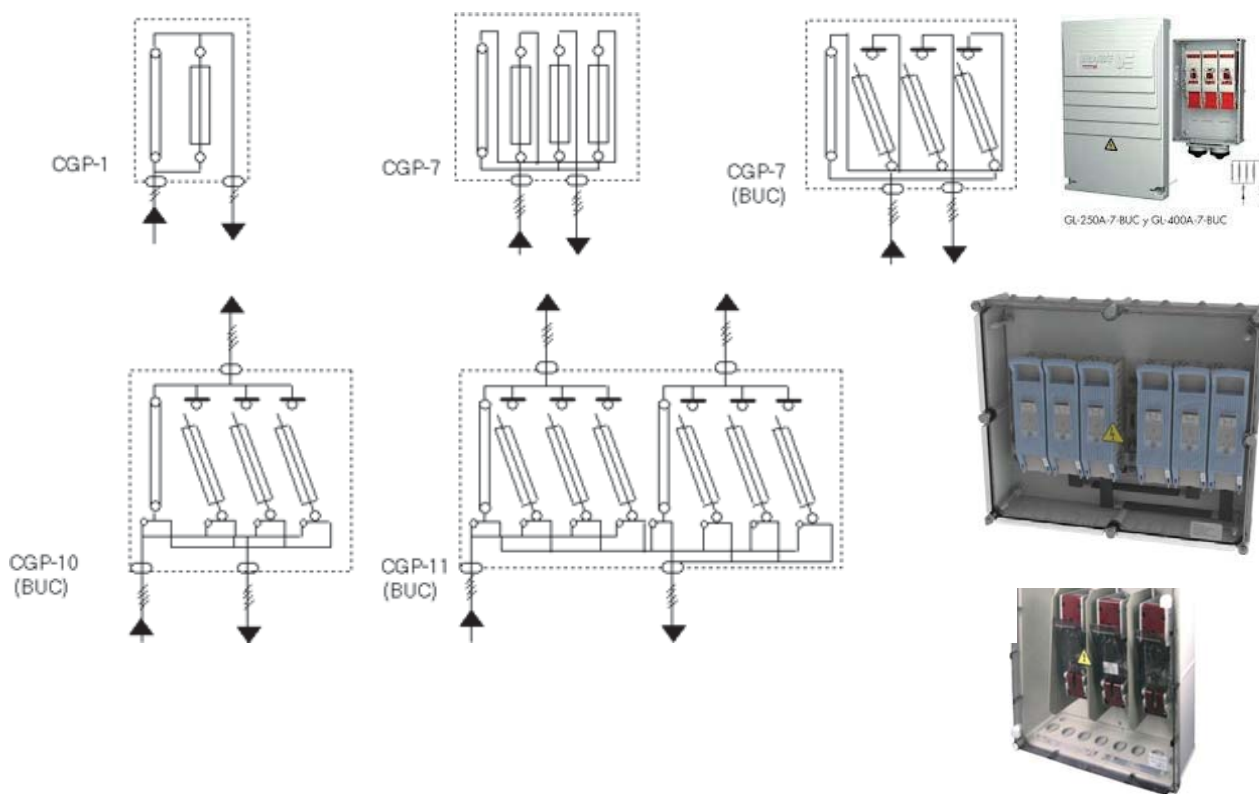
Instalaciones de enlace

Tipos y características de CGPs:

Aunque tal como podemos ver disponemos de muchos tipos de esquemas, **no todos son admitidos por todas las empresas suministradoras**. Por lo tanto a la hora de adoptar una solución concreta tendremos que elegir dentro de los esquemas homologados en las normas particulares de la distribuidora.



Instalaciones de enlace

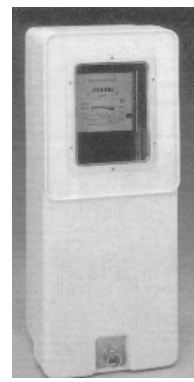
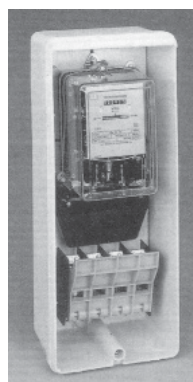
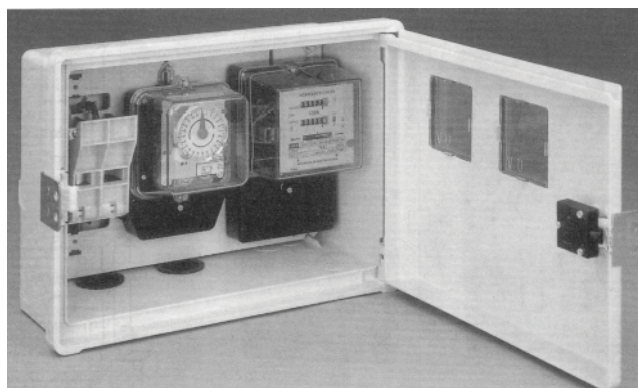


Instalaciones de enlace

CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA (CPM)

Para el caso de suministros **para uno o dos usuarios alimentados desde el mismo lugar** conforme a los esquemas de la ITC-BT-12.

Al no existir línea general de alimentación, podrá simplificarse la instalación colocando en un único elemento, **la caja general de protección y el equipo de medida**; dicho elemento se denomina caja de protección y medida (CPM).



Instalaciones de enlace

(CPM) EMPLAZAMIENTO E INTALACIÓN.

- Se colocarán sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre acceso.
- No se admitirá el montaje superficial.
- Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,80 m.



Instalaciones de enlace

✚ Línea general de alimentación (LGA) ITC-014.

Es la línea que une la CGP con la centralización de contadores o equipo de medida que alimenta. La línea general de alimentación discurrirá (salvo imposibilidad manifiesta), por zona de uso común.

Cuando la CGP esté junto al equipo de medida (alimentación de un solo cliente, uso de CPM), la LGA no se considerará.

Los conductores de las líneas generales de alimentación se instalarán alternativamente en el interior de:

- Tubos enterrados.
- Tubos empotrados.
- Tubos en montaje superficial.
- Conductos cerrados de fábrica.
- Canales protectores cerrados, registrables y precintables, en montaje superficial.

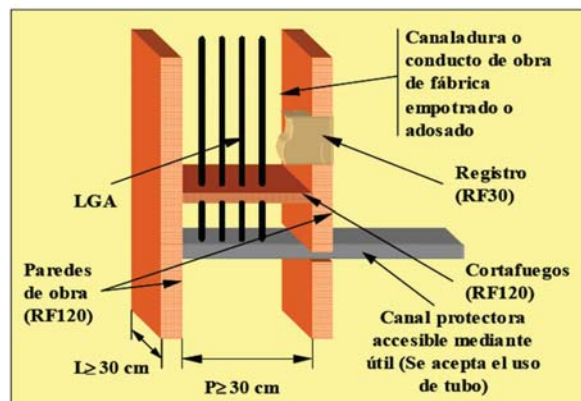
Todos los conductores tendrán una tensión asignada de 1000 V (0.6 / 1 KV), con clase de aislamiento según normas de la empresa suministradora.

- ❖ RZ1-K (AS) Polietileno reticulado (R), cubierta de Poliolefina (no propagador de la llama y baja emisión de humos)
- ❖ DZ1-K (AS) Etileno Propileno (D), cubierta de Poliolefina (no propagador de la llama y baja emisión de humos)

Instalaciones de enlace

Además debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- ❑ Los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados.
- ❑ Los tubos y canales pueden ser de PVC u otros materiales siempre que sean **no propagadores de la llama**.
- ❑ La sección de los cables será uniforme en todo su recorrido y **sin empalmes**.
- ❑ La sección mínima será de **10 mm² en cobre o 16 mm² en aluminio**.



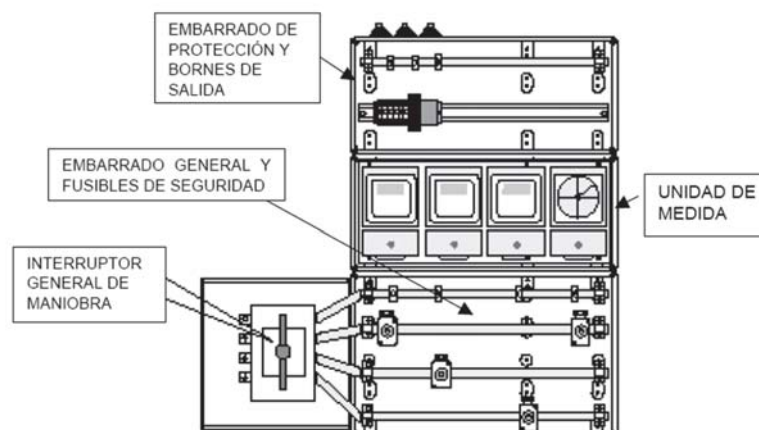
Ejemplo orientativo de la instalación de la LGA utilizando canal o tubo, y conducto cerrado de obra de fábrica

Instalaciones de enlace

🔧 Contadores y Equipos de medida ITC-016.

Con carácter general, la centralización estará formada por uno o varios módulos o conjuntos destinados a albergar, fundamentalmente, el **embarrado general, los fusibles de seguridad, los aparatos de medida, el embarrado general de protección, bornes de salida y puesta a tierra**.

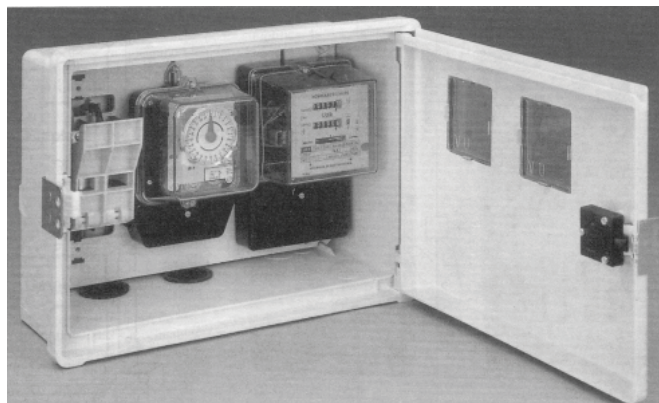
Los contadores y demás dispositivos para la medida de la energía eléctrica, podrán estar ubicados en: **módulos (cajas con tapas precintables), paneles o armarios**.



Instalaciones de enlace

COLOCACIÓN FORMA INDIVIDUAL (CPM).

- ❑ Se utilizará sólo cuando se trate de un suministro **a un único usuario o a dos usuarios alimentados desde un mismo lugar.**
- ❑ Se hará uso de la **Caja de Protección y Medida (CPM)**, de los tipos y características vistos anteriormente y que reúne en la misma, los fusibles generales de protección, el contador y el dispositivo para discriminación horaria.
- ❑ En este caso, los fusibles de seguridad coinciden con los generales de protección.



Instalaciones de enlace

COLOCACIÓN FORMA CONCENTRADA.

Se podrán concentrar los contadores en:

1. Edificios destinados a **viviendas y locales comerciales**
2. Edificios **comerciales**
3. Edificios destinados a una **concentración de industrias**

Para cada concentración habrá de preverse un **armario o un local** adecuado a este fin, donde se colocarán los distintos elementos necesarios para su instalación.

Cuando el número de contadores a instalar sea **superior a 16**, será obligatoria su ubicación **en local**.

En función de la naturaleza y número de contadores y nº de las plantas del edificio, la concentración de los contadores se situará de la forma siguiente:

1. En edificios de **hasta 12 plantas** se colocarán en la planta baja, entresuelo o primer sótano.
2. En edificios **superiores a 12 plantas** se podrá concentrar por plantas intermedias, comprendiendo cada concentración los contadores **de 6 o más plantas**.
3. Podrán disponerse concentraciones por plantas cuando el número de contadores en cada una de las concentraciones sea **superior a 16**.

Instalaciones de enlace

Características en montaje sobre ARMARIO:

El armario de contadores reunirá los siguientes requisitos:

- ❖ Estará situado en la **planta baja, entresuelo o primer sótano del edificio**, salvo cuando existan concentraciones por plantas, empotrado o adosado sobre un paramento de la zona común.
- ❖ No tendrá bastidores intermedios que dificulten la instalación o lectura de los contadores y demás dispositivos.
- ❖ Desde la parte más saliente del armario hasta la pared opuesta deberá **respetarse un pasillo de 1,5 m como mínimo**.
- ❖ Los armarios tendrán una característica para llamas mínima, **PF 30**
- ❖ Las puertas de cierre, dispondrán de la **cerradura que tenga normalizada** la suministradora.
- ❖ Dispondrá de **ventilación y de iluminación suficiente y se instalará un extintor móvil**.
- ❖ Se colocará una base de enchufe (toma de corriente) con toma de tierra de **16 A para servicios de mantenimiento**.



Instalaciones de enlace

Características en montaje en LOCAL:

Este local que estará **dedicado única y exclusivamente a este fin**, pudiendo alojar además el cuadro general de mando y protección de los servicios comunes del edificio. El local estará sujeto a las siguientes condiciones:

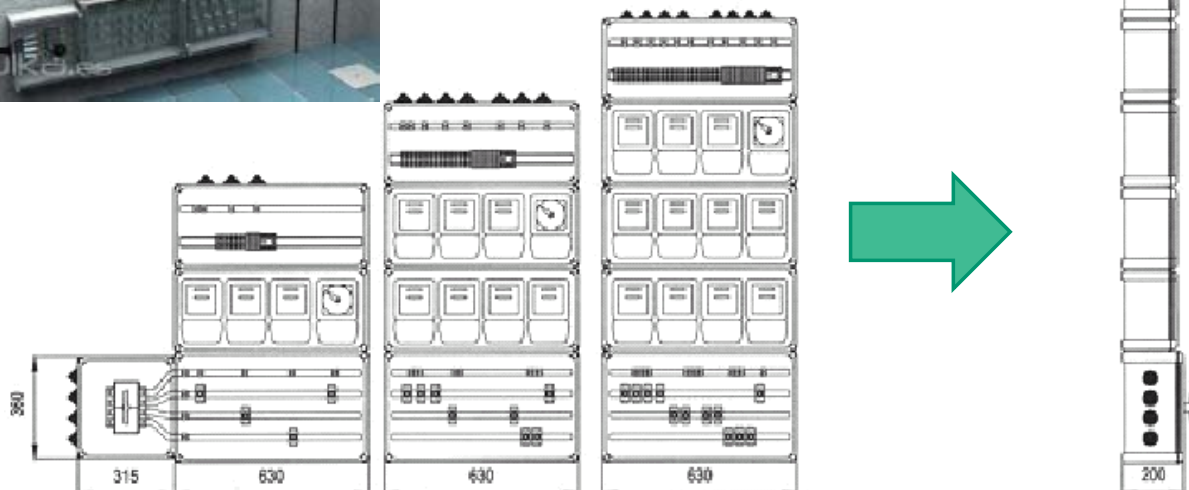
- ❖ Estará situado en la **planta baja**, entresuelo o primer sótano, salvo cuando existan concentraciones por plantas, lo más próximo posible a la entrada del edificio.
- ❖ Será de fácil y libre acceso.
- ❖ **No servirá de paso ni acceso a otros locales** y dispondrá de ventilación y de iluminación suficiente.
- ❖ La altura mínima será **de 2,30 m** y la anchura mínima en paredes ocupadas por contadores **de 1,50m**.
- ❖ La distancia libre desde la pared donde se instale la concentración de contadores hasta el obstáculo que tenga enfrente será de **1,10 m**. La distancia entre los laterales de dicha concentración y sus paredes colindantes será de **20 cm**.
- ❖ La puerta de acceso abrirá **hacia el exterior** y tendrá una dimensión mínima de 0,70 x 2 m y estará equipada con la **cerradura que tenga normalizada la empresa distribuidora**.
- ❖ Dentro del local e inmediato a la entrada deberá instalarse **un equipo autónomo de alumbrado de emergencia**, de autonomía no inferior a 1 hora y proporcionando un nivel mínimo de iluminación de 5 lux.
- ❖ En el exterior del local y próximo a la puerta de entrada, deberá existir un extintor móvil.

Instalaciones de enlace



PREVISIÓN DE HUECOS Y COLOCACIÓN:

- Hasta 14 contadores de vivienda dejar 1 hueco para reactiva.
- Se numera de arriba abajo y de izquierda a derecha.
- Para el garaje un modulo de medida.
- Locales comerciales: un modulo de medida por cada 50 m².
- Un modulo de Servicios generales, normalmente se coloca encima del módulo del interruptor general.



Instalaciones de enlace

INTERRUPTOR GENERAL DE MANIOBRA

Su misión es dejar fuera de servicio, en caso de necesidad, **toda la concentración de contadores.**

Es obligatorio para concentraciones de más de dos usuarios.

Esta unidad se instalará en una envolvente de doble aislamiento independiente, que contendrá un **interruptor de corte omnipolar, de apertura en carga** y que garantice que el neutro no sea cortado antes que los otros polos.

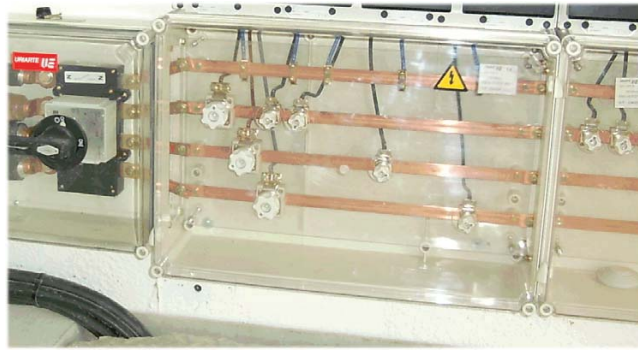
Cuando exista más de una L.G.A. se colocará un **interruptor por cada una de ellas.**

El interruptor será, como mínimo, de **160 A para provisiones de carga hasta 90 kW, y de 250 A para las superiores a ésta, hasta 150 kW.**

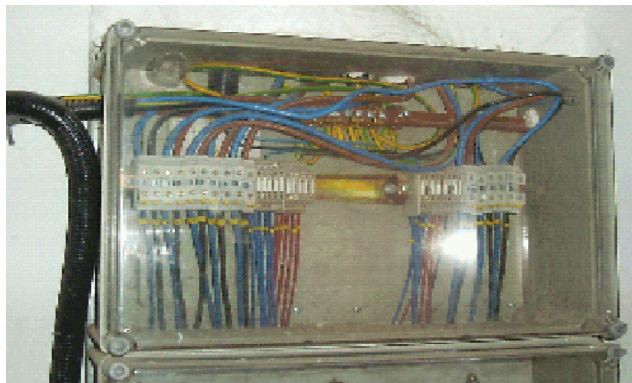


Instalaciones de enlace

EMBARRADO GENERAL



EMBARRADO DE PROTECCIÓN Y BORNES DE SALIDA.



Instalaciones de enlace

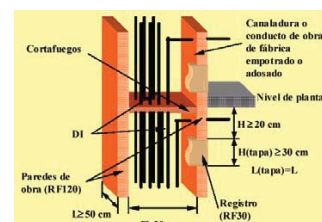
Derivación Individual ITC-015.

Es la parte de la instalación que, partiendo de la LGA suministra energía eléctrica a una instalación de usuario.

Se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectoras cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas según UNE EN 60439-2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra.



Instalaciones de enlace

INSTALACIÓN

- ❖ Las derivaciones individuales deberán discurrir por lugares de **uso común**.
- ❖ Los tubos y canales protectoras permitirán ampliar la sección de los conductores **en un 100%**.
- ❖ Los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de **32 mm**.
- ❖ Se dispondrá de un **tubo de reserva por cada 10 D.I.**, para atender fácil posibles ampliaciones.
- ❖ En locales donde no esté definida su partición, se instalará como mínimo **un tubo por cada 50 m²**.
- ❖ Cuando discurran **verticalmente** se alojarán en el interior de una **canaladura o conducto de obra**, que carecerá de curvas y estará cerrado convenientemente. Las dimensiones se muestran en la siguiente tabla:

Número de derivaciones	DIMENSIONES (m)	
	ANCHURA L (m)	
	Profundidad P = 0,15 m una fila	Profundidad P = 0,30 m dos filas
Hasta 12	0,65	0,50
13 - 24	1,25	0,65
25 - 36	1,85	0,95
36 - 48	2,45	1,35

Instalaciones de enlace

CONDUCTORES

- ❖ El número de conductores dependerá del número de fases necesarias. Cada D.I. **llevará su conductor neutro, de protección e hilo de mando** si es necesario para posibilitar la aplicación de diferentes tarifas (con contadores con telegestión no es necesario 1053/2014).
- ❖ No se admitirá conductor neutro ni conductor de protección común **para distintos suministros**.
- ❖ Los cables no presentarán **empalmes y su sección será uniforme**.
- ❖ Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente **unipolares de 450/750 V**. Se seguirá el código de colores indicado en la ITC-BT-19.(Iberdrola sólo admite conductores de cobre)
- ❖ Para el caso de **cables multiconductores o de derivaciones individuales en tubos enterrados, el aislamiento será de 0,6/1kV**.
- ❖ Los cables serán no propagadores del incendio y **con emisión de humos y opacidad reducida**:
 - ES07Z1-K (AS) (unipolar con aislamiento de poliolefina Z1) UNE 211 002
 - RZ1-K (AS) (aislamiento de polietileno reticulado R y cubierta de poliolefina Z1)UNE 21.123-4
 - DZ1-K (AS) (aislamiento de etileno propileno D y cubierta de poliolefina Z1) UNE 21.123-5.
- ❖ El conductor neutro deberá, en general, **ser de la misma sección que los conductores de fase**.
- ❖ La sección mínima será de **6 mm² de cobre para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm² para el hilo de mando, que será de color rojo**.

Instalaciones de enlace

✚ Dispositivos de mando y protección ITC-017.

Es el que aloja todos los dispositivos generales de mando y protección de la instalación interior de la vivienda o local. Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en el mismo cuadro de distribución o en cuadros separados.

En viviendas y en locales comerciales e industriales en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor control de potencia (ICP), inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable.

La ubicación en viviendas será junto a la puerta de entrada y en locales comerciales e industriales, deberán situarse lo más próximo a una puerta de entrada; no pudiendo ser accesibles al público salvo en viviendas.

La altura de ubicación desde el nivel del suelo será de:

- 1.4 a 2.0 m para viviendas.
- > 1.0 m para locales comerciales.



Instalaciones de enlace

COMPOSICIÓN

☐ Interruptor control de potencia (ICP)

- ✓ El ICP se utiliza para suministros en baja tensión y hasta una intensidad de 63 A.
- ✓ Para suministros de intensidad superior a 63 A no se utiliza el ICP, sino que se utilizarán **maxímetros o integradores incorporados al equipo de medida de energía eléctrica**. En estos casos no es preceptiva la instalación de la caja para ICP.
- ✓ El ICP no puede considerarse como elemento de protección y de desconexión, por ello, deberá estar acompañado de **un interruptor general automático de corte omnipolar**.

☐ Interruptores automáticos magnetotérmicos.

- ✓ Dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- ✓ Un interruptor magnetotérmico general y uno para cada uno de los circuitos que parten del cuadro.

☐ Interruptor o interruptores diferenciales.

- ✓ Destinado a la **protección contra contactos indirectos** de todos los circuitos.
- ✓ La instalación deberá tener un interruptor diferencial como mínimo.

Instalaciones de enlace

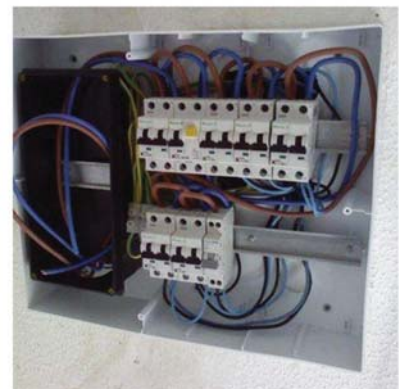
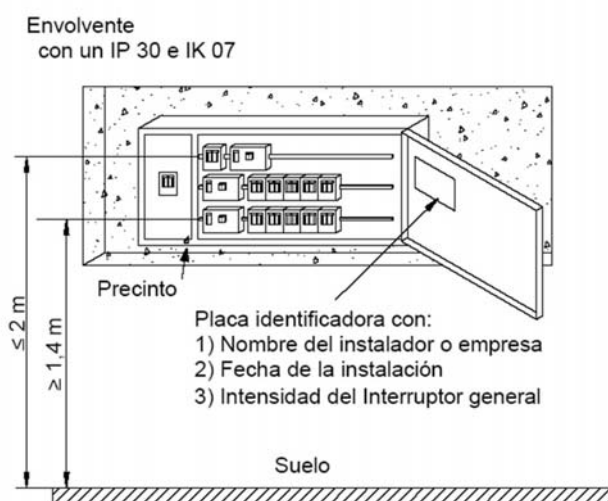
□ Limitador de sobretensiones

- ✓ Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT- 23, si fuese necesario.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

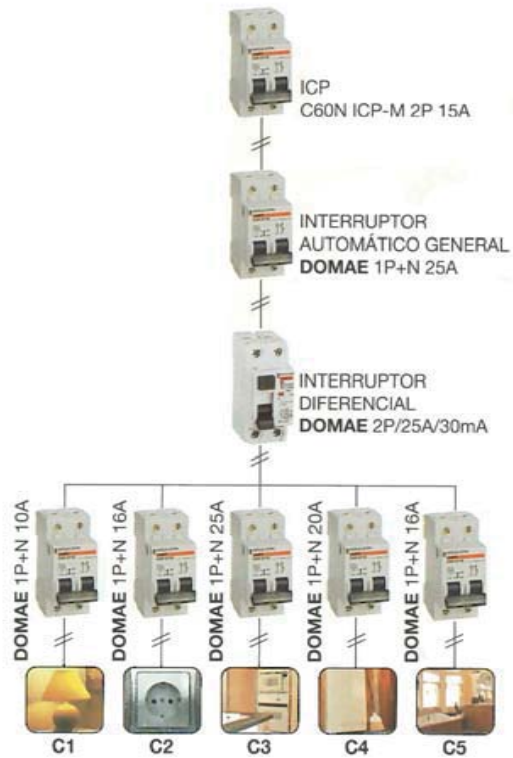
- ❖ El interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar tendrá **poder de corte** suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, **de 4.500 A como mínimo**.
- ❖ Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación.
- ❖ La sensibilidad de los interruptores diferenciales responderá a lo señalado en la Instrucción **ITC-BT-24**.
- ❖ Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores serán **de corte omnipolar** y tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen.
- ❖ Sus características de interrupción estarán **de acuerdo con las corrientes admisibles de los conductores del circuito que protegen**.

Instalaciones de enlace



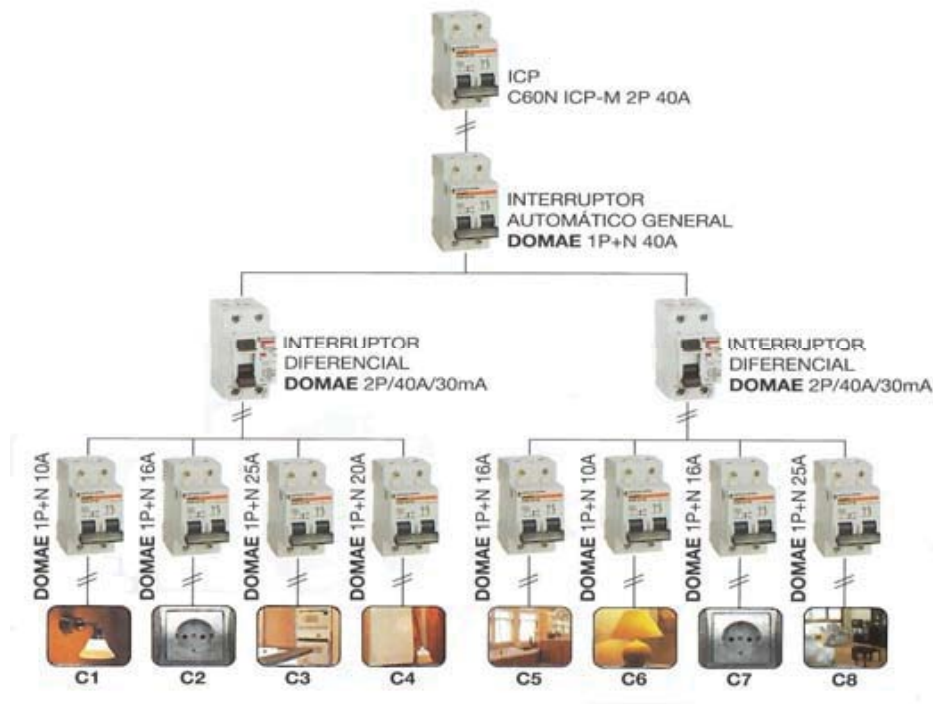
Características y ejemplo de instalación del cuadro de mando y protección

Instalaciones de enlace



GRADO DE ELECTRIFICACIÓN BÁSICO (ITC-BT-25)

Instalaciones de enlace



GRADO DE ELECTRIFICACIÓN ELEVADO (ITC-BT-25)

Instalaciones interiores

Son las líneas que parten desde el cuadro general de mando y protección y, dan suministro a los diferentes receptores de la instalación. (ITC 19 a ITC 27)

Los sistemas de instalación permitidos son los siguientes:

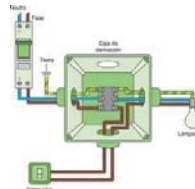
- Conductores aislados bajo tubos protectores.
- Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes.
- Conductores aislados enterrados.
- Conductores aislados directamente empotrados en estructuras.
- Conductores aéreos.
- Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción.
- Conductores aislados bajo canales protectoras.
- Conductores aislados bajo molduras.
- Conductores aislados en bandejas o soporte de bandejas.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas.

ASPECTOS GENERALES

- ❖ Se subdividirán en circuitos de forma que una perturbación solo afecte a ciertas partes de la instalación, según:
 - ✓ Evitar interrupciones innecesarias de todo el circuito.
 - ✓ Facilitar la verificación, ensayo y mantenimiento.
 - ✓ Evitar riesgos de funcionamiento en caso de un cortocircuito.
 - ✓ Equilibrado de cargas.

Instalaciones interiores

- ❖ No se permite **la unión de conductores** mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores. **Deberá realizarse siempre usando bornes de conexión (individuales, regletas, etc).**
- ❖ Las conexiones siempre se realizarán en el interior de cajas de empalme y/o derivación salvo casos particulares (ITC-BT 21).



❖ Disposición de las canalizaciones:

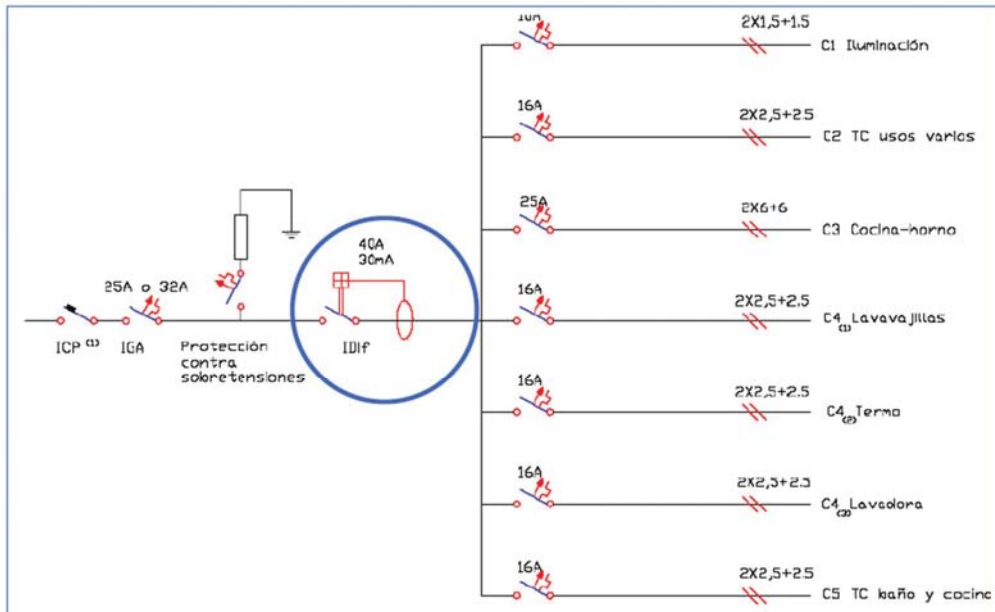
- ✓ **Distancia mínima de 3 cm con otras canalizaciones no eléctricas.**
- ✓ En caso de proximidad con canalizaciones térmicas se establecerán medidas adecuadas para evitar alcanzar temperaturas peligrosas.
- ✓ No se dispondrán por debajo de canalizaciones de agua, vapor, a menos que se adopten medidas especiales para evitar condensaciones.
- ✓ Las canalizaciones eléctricas y no eléctricas podrán ir por la misma canal o hueco construcción cuando cumplan una serie de premisas de forma simultánea (ITC-BT-20).
- ✓ Estarán dispuestas de forma que se facilite su maniobrabilidad, inspección o acceso.

Instalaciones interiores

Ejemplo de Instalación de vivienda

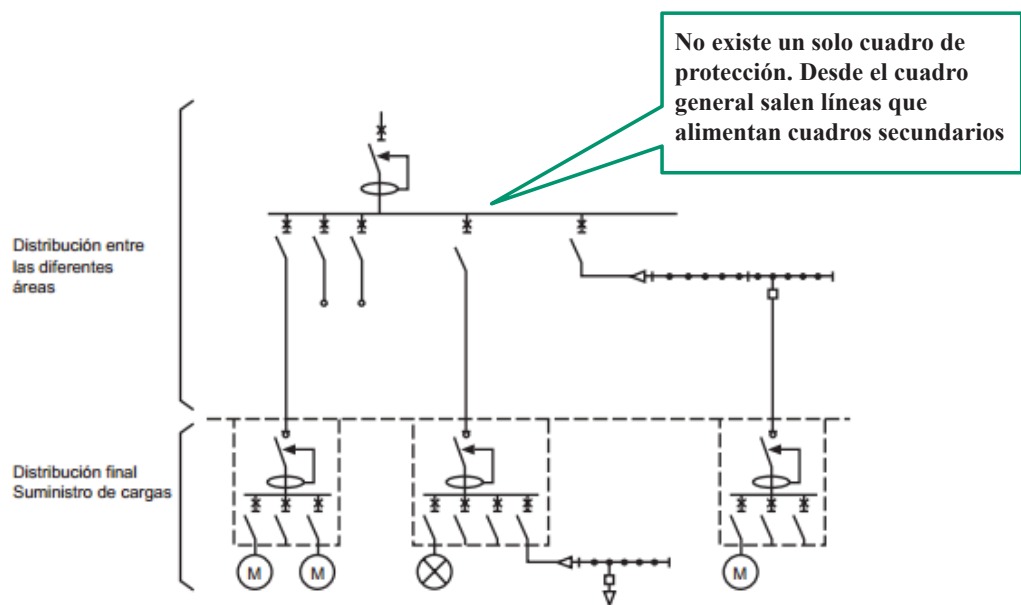
ITC-BT-25

Electrificación básica



Instalaciones interiores

Ejemplo de otras instalaciones



Unidad Didáctica 2

Previsión y cálculo de potencias

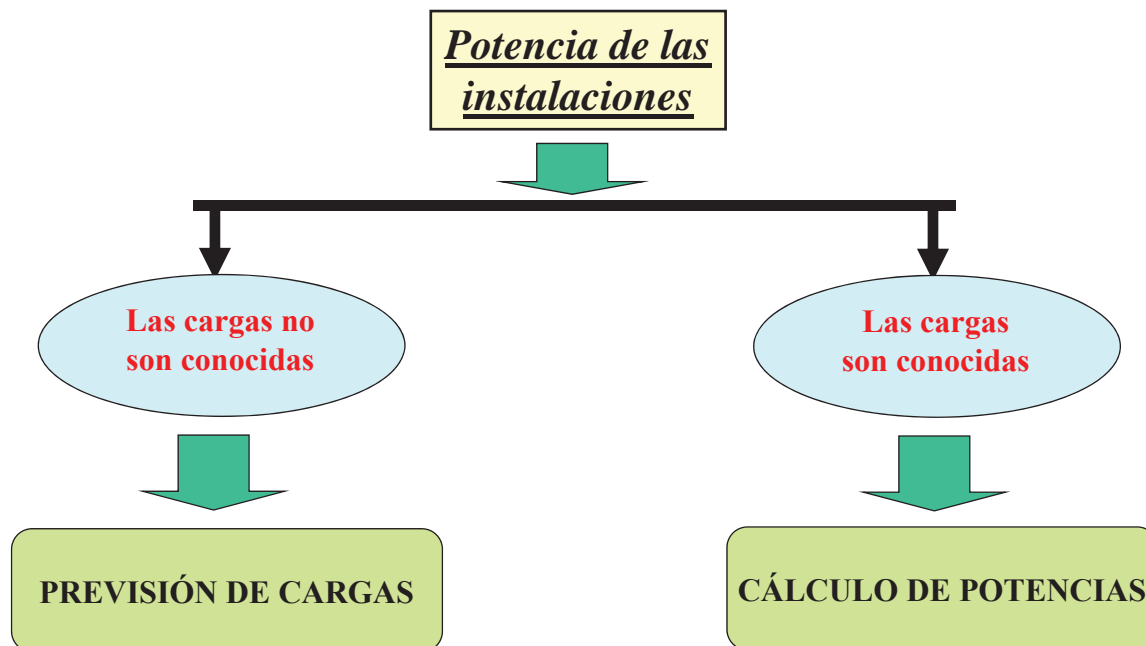
Unidad Didáctica 2

3

PREVISIÓN Y CÁLCULO DE POTENCIAS

1. Introducción.
2. Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas.
3. Previsión en otro tipo de edificaciones.
4. Cálculo de potencias en una instalación en BT.
5. Reparto y equilibrado de potencias
6. Ejercicios de aplicación

Introducción



Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas

$$P_{\text{TOTAL}} = P_{\text{VIVIENDAS}} + P_{\text{SER.GEN}} + P_{\text{LOC.COMER Y OFI}} + P_{\text{GARAJES}}$$

● $P_{\text{VIVIENDAS}}$: Carga prevista en viviendas (ITC 010)

La carga máxima por vivienda depende del grado de utilización que se desee alcanzar. Se establecen los siguientes grados de electrificación.

□ Electrificación BÁSICA:

Debe permitir la utilización de los aparatos eléctricos de uso común en la vivienda.

□ Electrificación ELEVADA.

- Previsión de utilización de circuitos superior a la básica.
- Calefacción eléctrica, acondicionamiento de aire, secadora, etc.
- Superficie útil superior a 160 m².
- **Instalación para recarga de vehículo eléctrico (ITC 52).**

Electrificación	Potencia (W)	Calibre interruptor general automático (IGA) (A)
Básica	5 750	25
	7 360	32
	9 200	40
Elevada	11 500	50
	14 490	63

Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas

Carga correspondiente a un conjunto de viviendas.

Tabla 1
ITC BT 010

Nº Viviendas (n)	Coefficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	15,3+(n-21).0,5

La carga correspondiente a un conjunto de viviendas se obtendrá multiplicando la **media aritmética de las potencias previstas en cada vivienda** por el factor de simultaneidad correspondiente.

Para edificios cuya instalación esté prevista la aplicación de tarifa nocturna el C_s será 1.

$$P_{\text{VIVIENDAS}} = C_s \times P_M$$

Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas

● $P_{\text{SERV. GENE}}$: Carga prevista en servicios generales.

Ascensores, aparatos elevadores, grupos de presión, centrales de calor y frío, alumbrado de portal, caja de escalera y cualquier espacio común del edificio.

Coefficiente Simul. =1

Tabla A: previsión de potencia para aparatos elevadores

Tipo de aparato elevador	Carga (kg)	Nº de personas	Velocidad (m/s)	Potencia (kW)
ITA-1	400	5	0,63	4,5
ITA-2	400	5	1,00	7,5
ITA-3	630	8	1,00	11,5
ITA-4	630	8	1,60	18,5
ITA-5	1000	13	1,60	29,5
ITA-6	1000	13	2,50	46,0

Si se desconoce, se puede estimar:

Alumbrado portal de escalera y otros espacios comunes:

- Incandescencia = 15 W/m²
- Fluorescencia = 8 W/m²

Alumbrado de la caja de escalera:

- Incandescencia = 7 W/m²
- Fluorescencia = 4 W/m²

Previsión en edificios destinados principalmente a viviendas

- **$P_{\text{LOC. COMER Y OFI}}$: Carga prevista en locales comerciales y oficinas.**

Valor mínimo
100 W/m²·Planta



Mínimo 3450 W ; 230 V

Coefficiente Simul. =1

Si se dispone del dato real, utilizarlo, siempre y cuando sea > 3450 W. El Cs = 1

- **P_{GARAJES} : Carga prevista en garajes.**

Valor mínimo
10 W/m²·Planta (Ventilación NATURAL)

Mínimo 3450 W ; 230 V

Coefficiente Simul. =1

Valor mínimo
20 W/m²·Planta (Ventilación ARTIFICIAL)

Mínimo 3450 W ; 230 V

Coefficiente Simul. =1

Cuando en la aplicación de la NBE-CPI-96 sea necesario un sistema de ventilación forzada para la evacuación de humos de incendio, se estudiará de forma específica la previsión de carga de los garajes.

Previsión en otro tipo de edificaciones

- **Edificios comerciales o de oficina.**

Valor mínimo
100 W/m²·Planta



Mínimo 3450 W ; 230 V

Coefficiente Simul. =1

- **Concentración de industrias.**

Valor mínimo
125 W/m²·Planta



Mínimo 10350 W ; 230 V

Coefficiente Simul. =1

- **Carga de vehículos eléctricos (Plazas de aparcamiento o estacionamientos colectivos en edificios o locales).**

Valor mínimo

3680 W x 10% del número total de plazas x Cs (de la instalación)

Cálculo de potencias en una instalación en BT

✚ POTENCIA INSTALADA

Es la suma de todas las potencias nominales de cada uno de los receptores.

✚ POTENCIA MÁXIMA ADMISIBLE

Potencia cuya intensidad corresponde con la I_N del dispositivo de protección. Por ejemplo, para un instalación monofásica que está protegida con un IM de 40 A con un factor de potencia de 0,85:

$$\text{Potencia máxima admisible} = 40 \times 230 \times 0,85 = 7820 \text{ W}$$

Cálculo de potencias en una instalación en BT

✚ POTENCIA DE CÁLCULO

Potencia que se usa para realizar los cálculos de la instalación eléctrica.

$$P_{\text{CAL}} = (P_{\text{MOTORES}} + P_{\text{ALUMBRADO}} + P_{\text{APA. ELEVADORES}} + P_{\text{OTRAS CARGAS}}) \cdot C_S$$

C_S = Coeficiente de simultaneidad

🌐 MOTORES (ITC-BT-47).

$$P_{\text{CAL.MOTOR}} = 1,25 \cdot P_{\text{MOTOR}} \quad (\text{Sólo un motor})$$

$$P_{\text{CAL.MOTORES}} = 1,25 \cdot P_{\text{MÁX. MOTOR}} + P_{\text{RESTO MOT}} \quad (\text{Varios motores})$$

Cálculo de potencias en una instalación en BT

ALUMBRADO (ITC-BT-44).

$$P_{\text{CAL.ALUMB}} = 1,8 \cdot P_{\text{LÁM. DE DESCARGA}} + P_{\text{LÁM. INCANDESCENTES}}$$

APARATOS ELEVADORES (ITC-BT-47).

$$P_{\text{CAL.ELEVAD}} = 1,3 \cdot P_{\text{APAR. ELEVADORES}}$$

COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

$$C_s \leq 1$$

A prefijar por el Ingeniero y dependerá de las características de las instalaciones y de la industria objeto de proyecto.

Cálculo de potencias en una instalación en BT

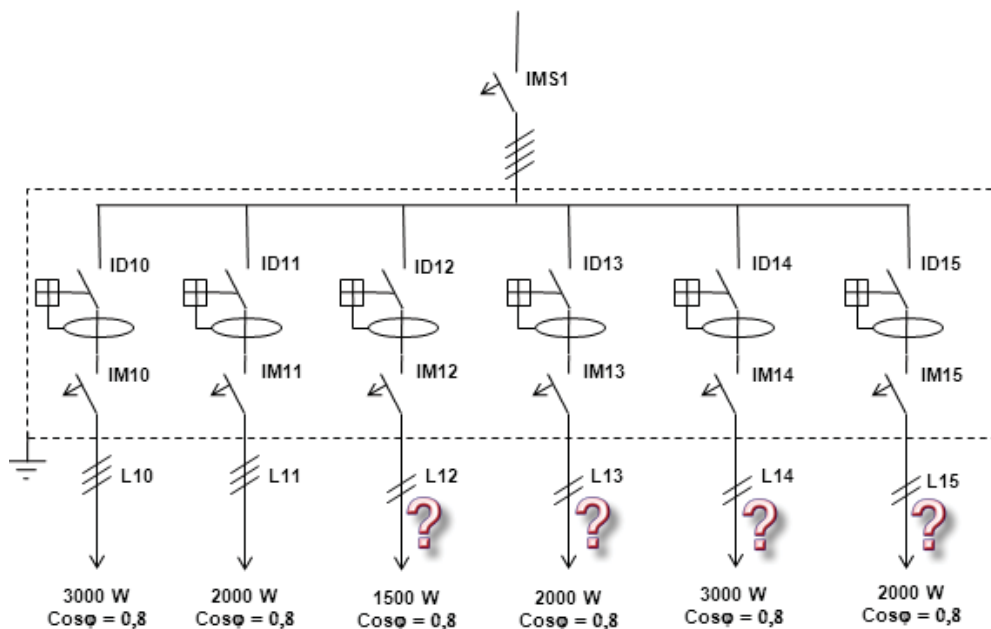
POTENCIA CONTRATADA

Potencia que se desea contratar en la industria. Consultar con la Empresa Suministradora.

POTENCIA DE CONTRATACIÓN (Wattios)		
Amperios ICP	230 V. (II)	400 V. (III)
1,5	345	1.030
3	690	2.070
5	150	3.460
7,5	1.720	5.190
10	2.300	6.920
15	3.450	10.390
20	4.600	13.850
25	5.750	
30	6.900	
35	8.050	
35	9.200	
45	10.350	
50	11.500	
63	14.490	

Reparto y equilibrado de potencias

Las potencias de las cargas monofásicas deben repartirse de la forma más equilibrada posible entre cada una de las fases.



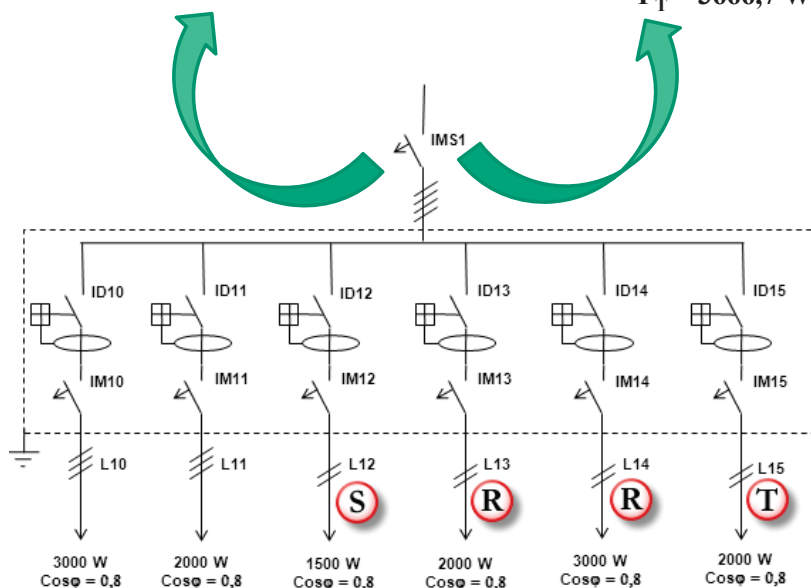
Reparto y equilibrado de potencias

Cálculo a nivel trifásico

$$P = 13500 \text{ W} \quad I = 24,36 \text{ A}$$

Cálculo a nivel monofásico

$$\begin{aligned} P_R &= 6666,7 \text{ W} & I_R &= 36,2 \text{ A} \\ P_S &= 3166,7 \text{ W} & I_S &= 17,2 \text{ A} \\ P_T &= 3666,7 \text{ W} & I_T &= 19,9 \text{ A} \end{aligned}$$



Solución Incorrecta

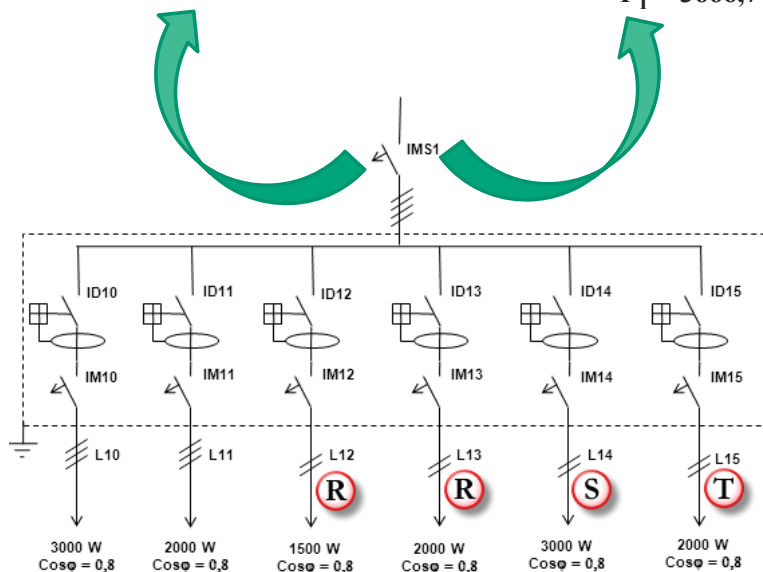
Reparto y equilibrado de potencias

Cálculo a nivel trifásico

$$P = 13500 \text{ W} \quad I = 24,36 \text{ A}$$

Cálculo a nivel monofásico

$$\begin{aligned} P_R &= 5166,7 \text{ W} & I_R &= 28,1 \text{ A} \\ P_S &= 4666,7 \text{ W} & I_S &= 25,4 \text{ A} \\ P_T &= 3666,7 \text{ W} & I_T &= 19,9 \text{ A} \end{aligned}$$



La mejor solución de las posibles

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 1

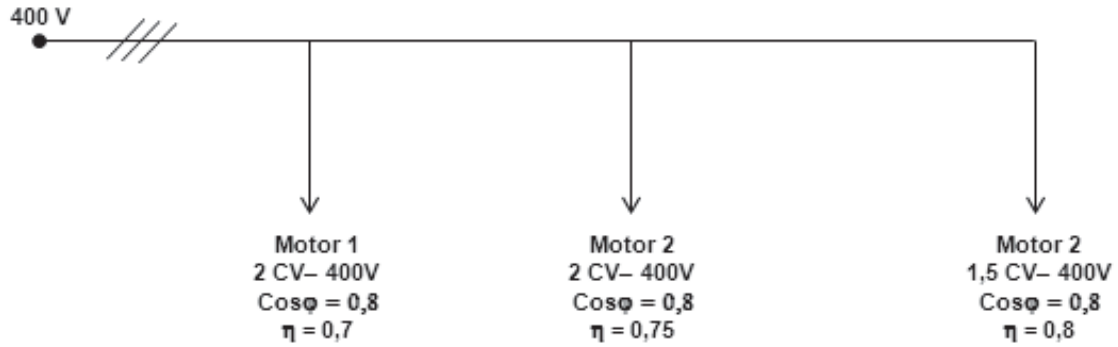
Determinar la previsión de cargas del edificio destinado principalmente a viviendas con las siguientes características:

- ✓12 Viviendas con grado de electrificación básico (5750 W).
- ✓16 Viviendas con grado de electrificación elevado (9200 W).
- ✓2 Locales comerciales de 180 m².
- ✓2 Local comerciales de 30 m².
- ✓2 Ascensores de 7,5 kW.
- ✓50 Lámparas incandescentes de 40 W para alumbrado de portal, escalera y otros usos comunes.
- ✓1 Garaje de 1000 m² con ventilación forzada.

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 2

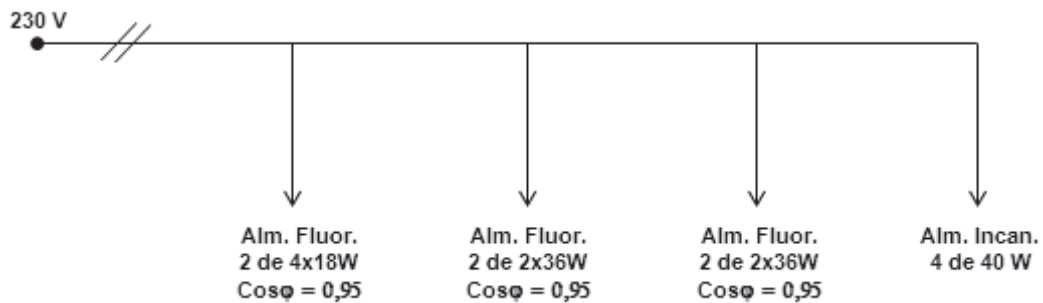
Determinar la potencia de cálculo e instalada de la siguiente línea:



Ejercicios de aplicación

Ejercicio 3

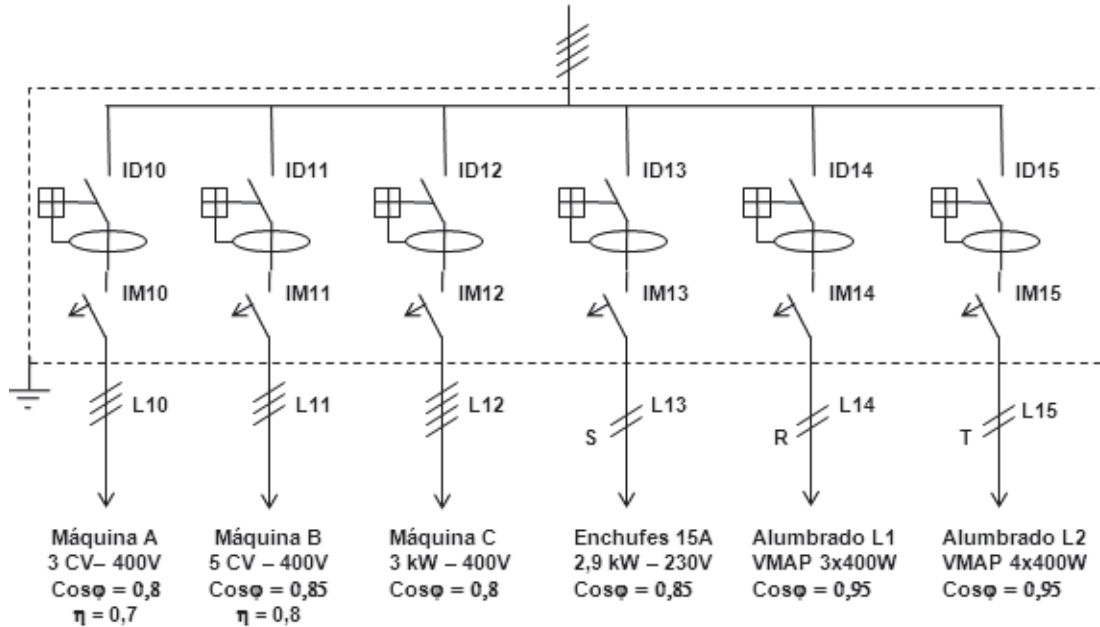
Determinar la potencia de cálculo e instalada de la siguiente línea:



Ejercicios de aplicación

Ejercicio 4

Determinar la potencia instalada y potencia de cálculo del siguiente cuadro y de las líneas que parten del mismo. Considerar un $C_s=0,9$ en el total del cuadro.



Unidad Didáctica 3

Diseño y cálculo de líneas Eléctricas en BT

Unidad Didáctica 3

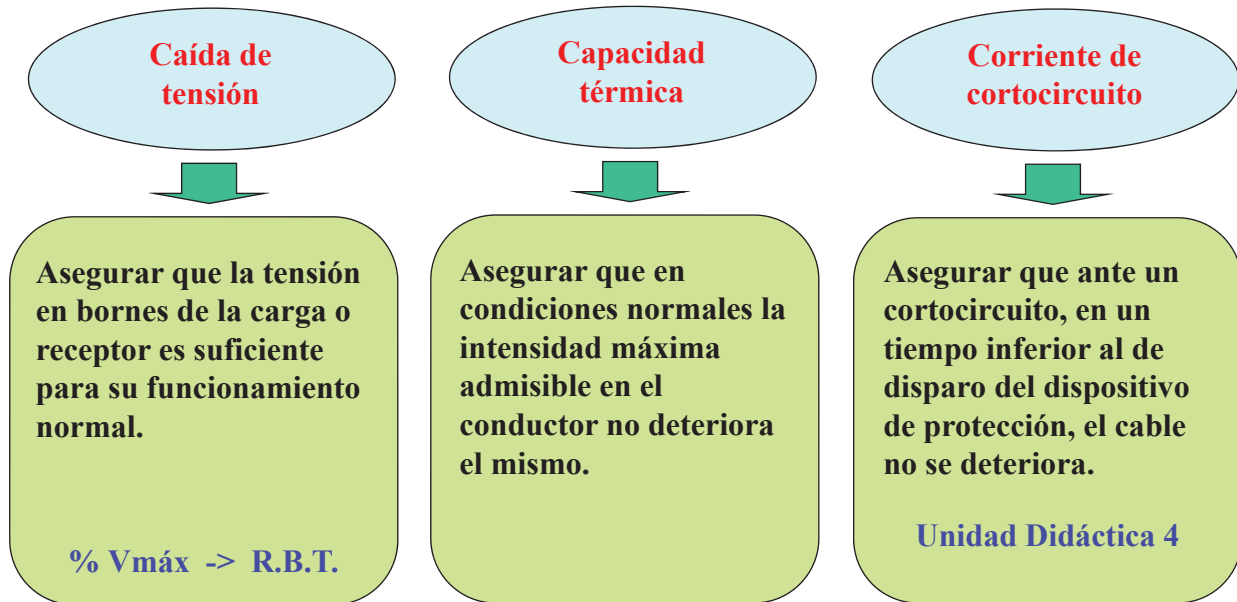
4

DISEÑO Y CÁLCULO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS EN BT

1. Generalidades.
2. Cálculo por caída de tensión.
3. Cálculo por capacidad térmica.
4. Sección del conductor neutro.
5. Sección del conductor de protección.
6. Ejercicios de aplicación.

Generalidades

✚ ¿Qué criterios deben tenerse en cuenta en el cálculo de secciones?.



Generalidades

✚ ¿Qué consideraciones iniciales deben tenerse en cuenta?.

🌐 Tipo de ejecución o instalación.

Elección del tipo de instalación según RBT.

Montaje Tubo superficial, tubo empotrado, enterrado, etc.

🌐 Material conductor.

Los más utilizados: **COBRE Y ALUMINIO.**

$$20\text{ °C} \left\{ \begin{array}{ll} \rho_{Cu} = 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} & c_{Cu} = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \\ \rho_{Al} = 0,029 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} & c_{Al} = 35 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \end{array} \right.$$

Generalidades

Material de aislamiento.

Los más utilizados:

- **EPR: Etileno Propileno “Termoestable”.**
- **XLPE: Polietileno Reticulado “Termoestable”.**
- **PVC : Policloruro de Vinilo “Termoplástico”.**

Nota: Aislamiento termoplástico a base de poliolefina Z1 son equivalentes a PVC

Tipo	Tensión más alta	Temperatura servicio	Temperatura cotocircuito
EPR	150 KV	90 °C	250 °C
XLPE	250 KV	90 °C	250 °C
PVC	6 KV	70 °C	160 °C

Generalidades

Tensión de aislamiento.

Los más utilizados en B.T.:

- **450/750 V : ITC BT 019 (Instalaciones interiores o receptoras)**
- **0,6/1 KV: ITC BT 006 (Aéreas), ITC BT 007 (Subterráneas)**

Variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

$$R_{\theta} = R_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

$$\rho_{\theta} = \rho_{20^{\circ}C} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

$$\alpha_{Cu} = 0,00392 \quad ; \quad \alpha_{Al} = 0,00403$$

Generalidades

Fenómenos o efectos a considerar en c.a:

EFEECTO PELICULAR :

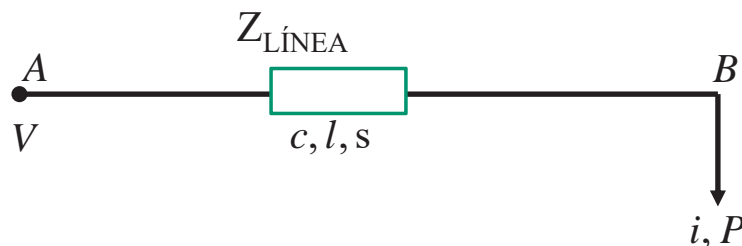
$$R_{c.a.} = 1,02 \cdot R_{c.c.} \quad (\text{Incremento } 2\%)$$

FENÓMENOS DE INDUCCIÓN:

$$Z = R + jX$$

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \cong 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,15 R$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,20 R$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,25 R$

Cálculo por caída de tensión



Si $Z_{LÍNEA} > 0$, se produce una caída de tensión entre A y B:

$$\Delta V_{AB} = Z_{LÍNEA} \cdot I$$

Objetivo



$$\Delta V_{AB} \leq \Delta V_{máx}$$

$\Delta V_{máx}$: Caída de tensión máxima permitida en la línea.

Cálculo por caída de tensión

✚ Caídas de tensión máximas admisibles.

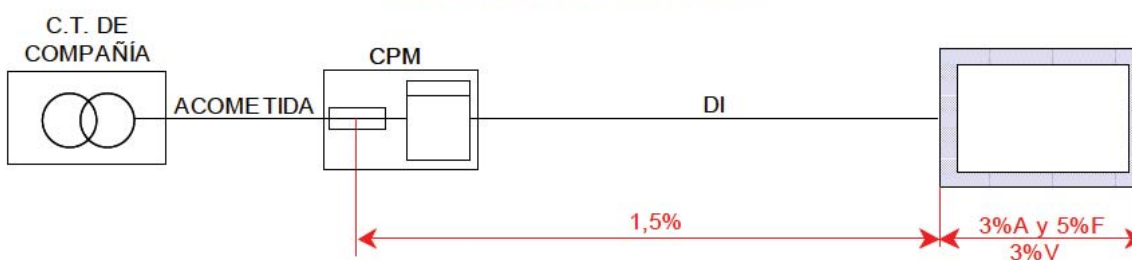
Fuente: RBT - ITC 014, 015 y 019

Parte de la instalación	Para alimentar a :	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro.
LGA: (Línea General de Alimentación)	Suministros de un único usuario	No existe LGA
	Contadores totalmente concentrados	0,5%
	Centralizaciones parciales de contadores	1,0%
DI (Derivación Individual)	Suministros de un único usuario	1,5%
	Contadores totalmente concentrados	1,0%
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5%
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3%
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3%
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5%

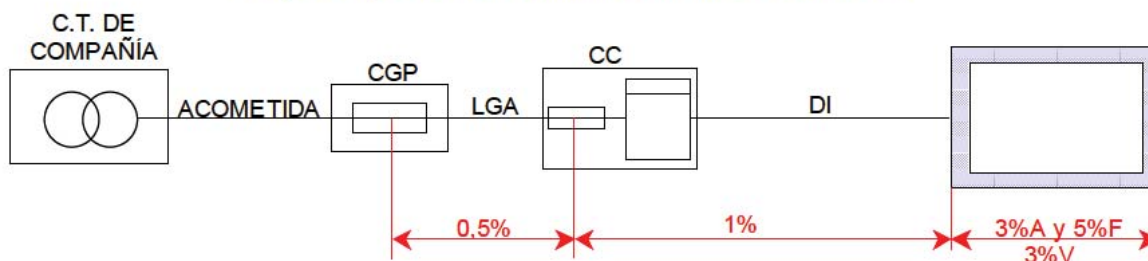
ITC 19 : El valor de la caída de tensión entre las Derivaciones Individuales y los Circuitos interiores podrán compensarse.

Cálculo por caída de tensión

Esquema para un único usuario

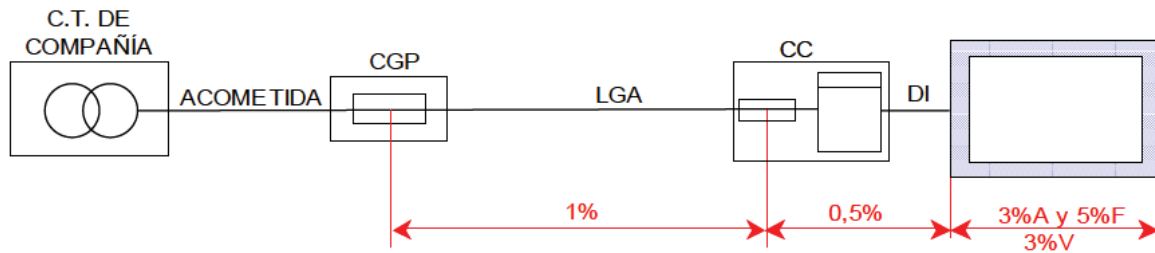


Esquema para una única centralización de contadores:

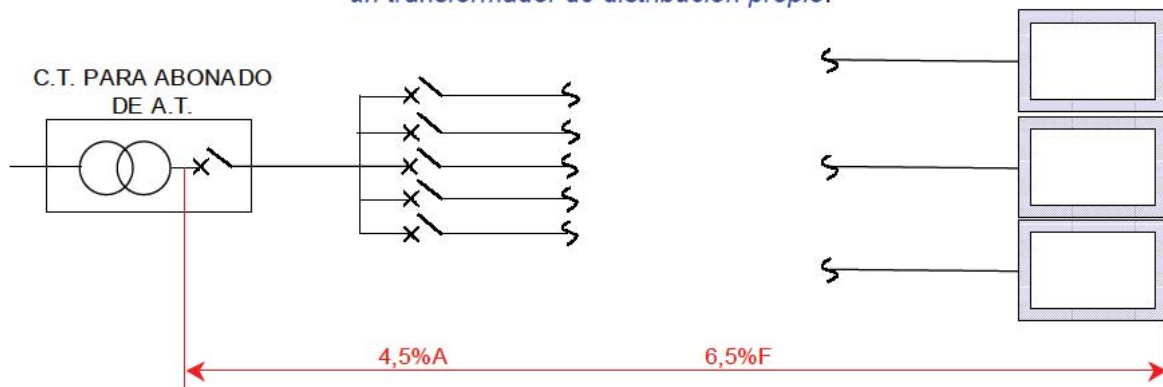


Cálculo por caída de tensión

Esquema cuando existen varias centralizaciones de contadores:



Esquema de una instalación industrial que se alimenta directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio.



Cálculo por caída de tensión

✚ Alimentación de una sola carga MONOFÁSICA en c.a.

$$\begin{array}{c}
 A \\
 \bullet \\
 V
 \end{array}
 \xrightarrow{c, l, s}
 \begin{array}{c}
 B \\
 \downarrow \\
 i, P
 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Para } s \leq 120 \text{ mm}^2 \\
 X = 0
 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l}
 \%v = \frac{200 \cdot i \cdot \cos\phi \cdot l}{c \cdot s \cdot V} \\
 \%v = \frac{200 \cdot P \cdot l}{c \cdot s \cdot V^2}
 \end{array} \right\} \Rightarrow \%v \leq \%v_{\text{máx}}$$

NOTA: Estas expresiones son válidas para cualquier sección en c.c. En este caso suprimir “cosφ” de la 1ª expresión

Cálculo por caída de tensión

$$\text{Para } s \geq 120 \text{ mm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta V_{AB} = 2 \cdot (R + X \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P}{V} \quad \text{1} \\ \Delta V_{AB} = 2 \cdot (R_u + X_u \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P \cdot l}{V} \quad \text{2} \\ \%V_{AB} = 200 \cdot (R_u + X_u \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P \cdot l}{V^2} \quad \text{3} \end{array} \right.$$

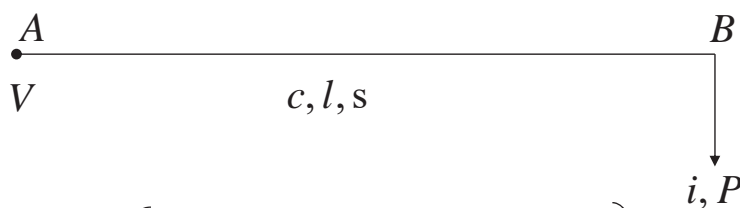
$X \neq 0$

R_u : Resistencia del conductor por unidad de longitud
 X_u : Reactancia del conductor por unidad de longitud

NOTA: En alimentaciones monofásicas las secciones son muy inferiores a 120 mm²

Cálculo por caída de tensión

✚ Alimentación de una sola carga TRIFÁSICA en c.a.



$$\text{Para } s \leq 120 \text{ mm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \%v = \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot i \cdot \cos \varphi \cdot l}{c \cdot s \cdot V} \\ \%v = \frac{100 \cdot P \cdot l}{c \cdot s \cdot V^2} \end{array} \right. \Rightarrow \%v \leq \%v_{\text{máx}}$$

$X = 0$

Cálculo por caída de tensión

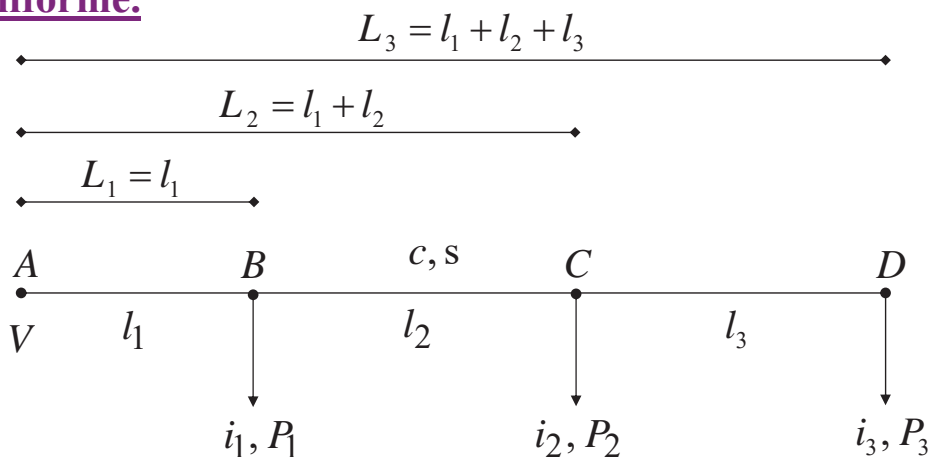
$$\text{Para } s \geq 120 \text{ mm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta V_{AB} = (R + X \cdot \text{tag} \varphi) \cdot \frac{P}{V} \quad \text{1} \\ \Delta V_{AB} = (R_u + X_u \cdot \text{tag} \varphi) \cdot \frac{P \cdot l}{V} \quad \text{2} \\ \%V_{AB} = 100 \cdot (R_u + X_u \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P \cdot l}{V^2} \quad \text{3} \end{array} \right.$$

$X \neq 0$

R_u : Resistencia del conductor por unidad de longitud
 X_u : Reactancia del conductor por unidad de longitud

Cálculo por caída de tensión

Alimentación de varias cargas distribuidas con sección uniforme.

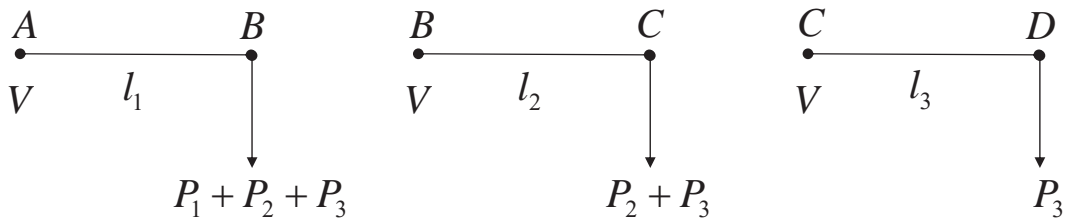


Caída de tensión en la línea $\left\{ \begin{array}{l} \Delta V_{AD} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BC} + \Delta V_{CD} \\ \%V_{AD} = \%V_{AB} + \%V_{BC} + \%V_{CD} \end{array} \right.$

Cálculo por caída de tensión

- Utilizando las expresiones descritas en los apartados anteriores, podemos calcularlo de dos formas diferentes:

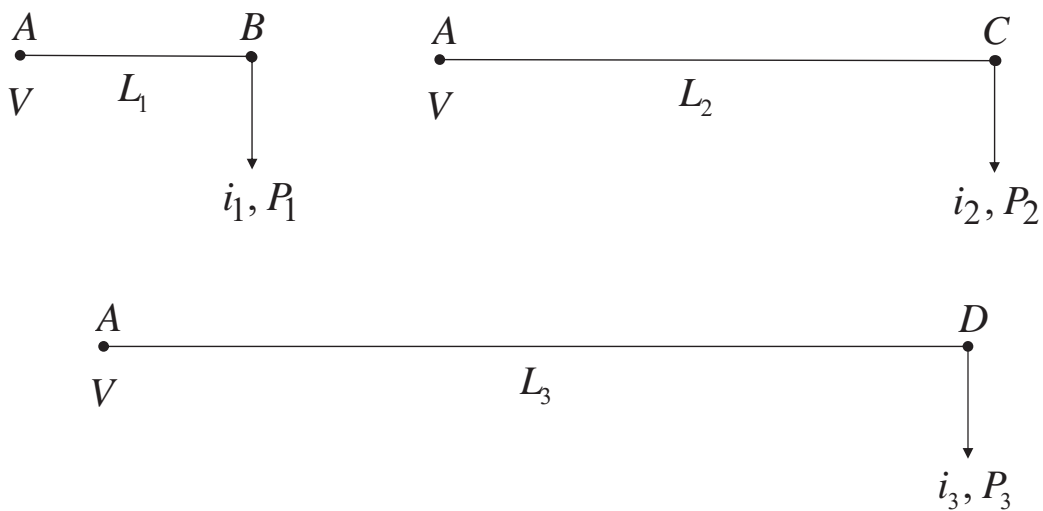
Mediante Potencias e intensidades acumuladas



$$\%V_{\text{Total}} = \%V_{AB} + \%V_{BC} + \%V_{CD}$$

Cálculo por caída de tensión

Mediante longitudes acumuladas



$$\%V_{\text{Total}} = \%V_{L1} + \%V_{L2} + \%V_{L3}$$

Cálculo por capacidad térmica

Condición



$$I_B \leq I_Z$$

I_B : Intensidad de servicio

I_Z : Intensidad máxima admisible por el conductor

● Cálculo de la intensidad de servicio (I_B)

$$I_B = \frac{P_{cál}}{V \cdot \cos\varphi}$$

C.A. Monofásica

$$I_B = \frac{P_{cál}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

C.A. Trifásica

Factores de potencia globales usuales	cosφ
LGA Trifásica (Edificio Viviendas)	0.9
Derivación Individual (Monofásica)	1
Derivación Individual (Trifásica)	0.8
Líneas Interiores Viviendas	1
Conjunto de cargas varias	0.8
Lámparas de descarga	0.95
Incandescencia, Leds, etc	1

Cálculo por capacidad térmica

● Cálculo de la intensidad máxima admisible (I_Z)

R.B.T. { Depende de las características de la instalación
(Factores de corrección según RBT)

Redes de Distribución en B.T.
(0,6 / 1 KV)



Aéreas ITC BT 006
Subterráneas ITC BT 007

Instalaciones Interiores
o Receptoras
(450 / 750 V)



ITC BT 019

Sección del conductor neutro

Línea General de Alimentación.

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

Derivación Individual e Instalaciones Interiores

El conductor neutro deberá, en general, ser de la misma sección que los conductores de fase, excepto cuando se justifique que no puedan existir desequilibrios o corrientes armónicas por cargas no lineales. Por ejemplo, en alimentación a instalaciones en la que todos los receptores sean trifásicos.

Sección del conductor de protección

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S < 16	S (*)
16 < S < 35	16
S > 35	S/2

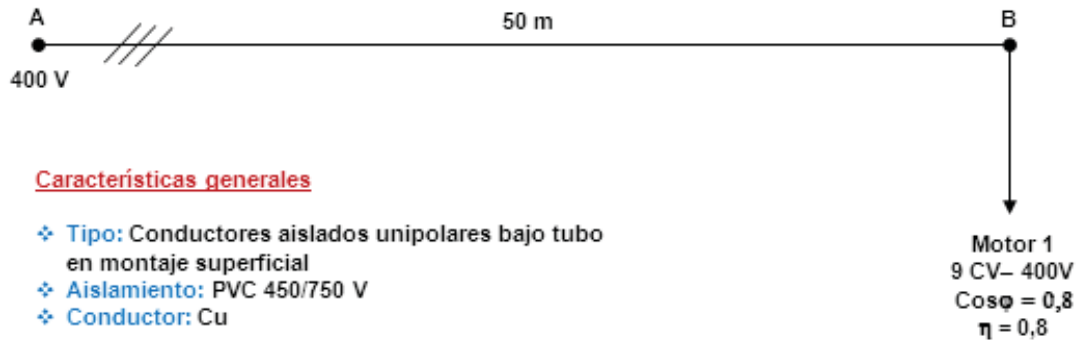
(*) Con un mínimo de:
2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Por ejemplo, el conductor de tierra separado del resto de conductores en el interior de un tubo independiente.

Por ejemplo, el conductor de tierra separado del resto de conductores enterrado sin tubo.

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 1



Características generales

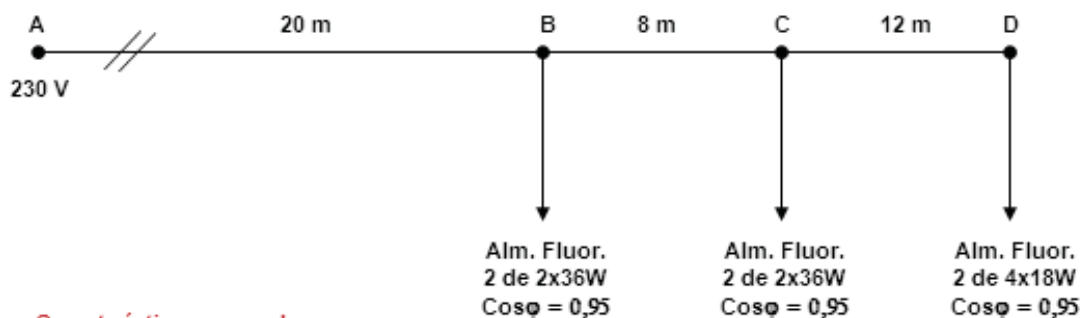
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje superficial
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 3,7 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 2



Características generales

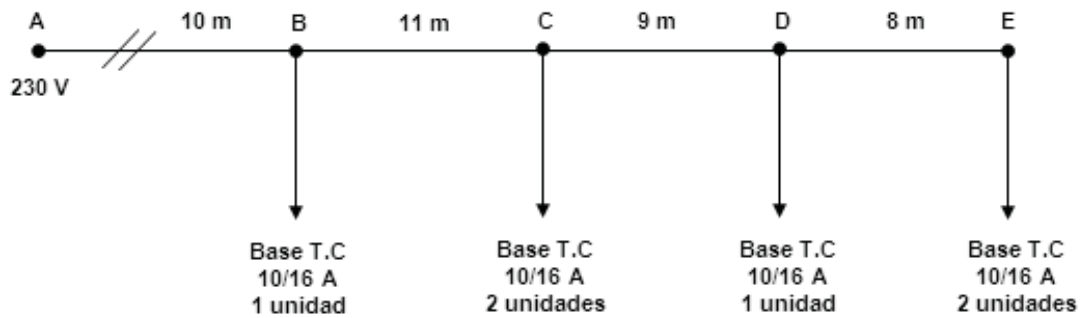
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje empotrado
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 2 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 3



Características generales

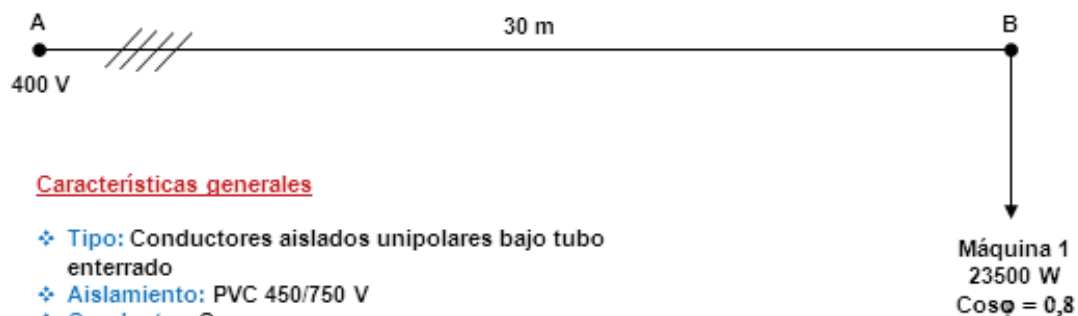
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje empotrado
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 3,2 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 4



Características generales

- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo enterrado
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

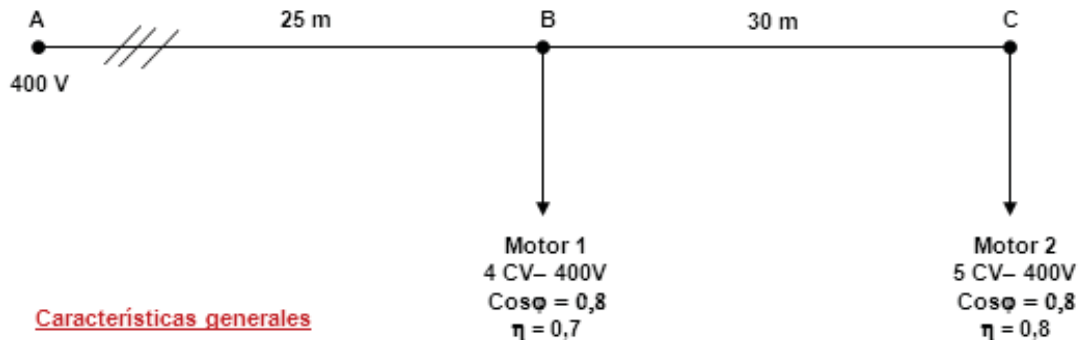
Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 4,5 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

NOTA: Considerar que la potencia de cálculo es la indicada en el dibujo.

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 5



Características generales

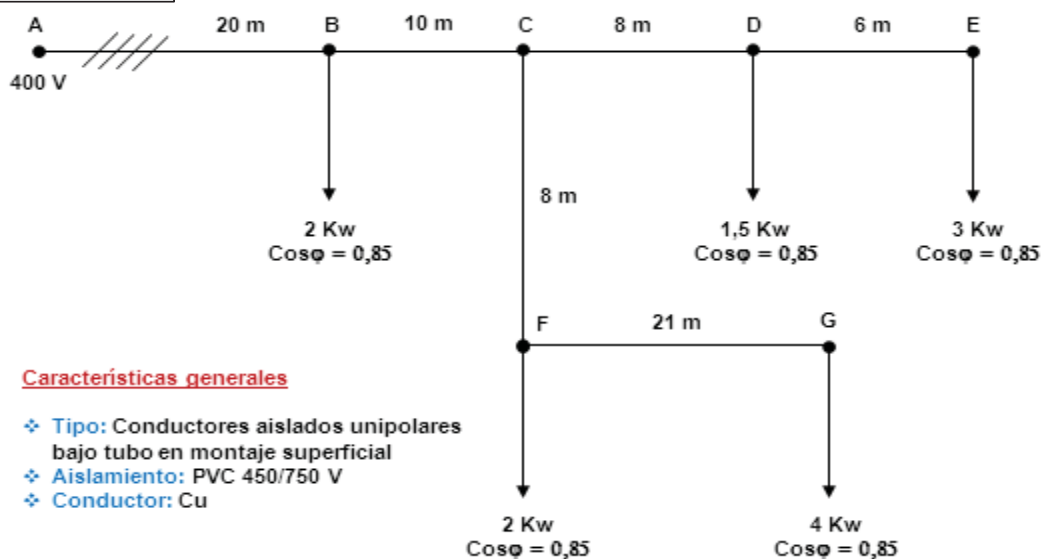
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje superficial
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 4 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 6



Características generales

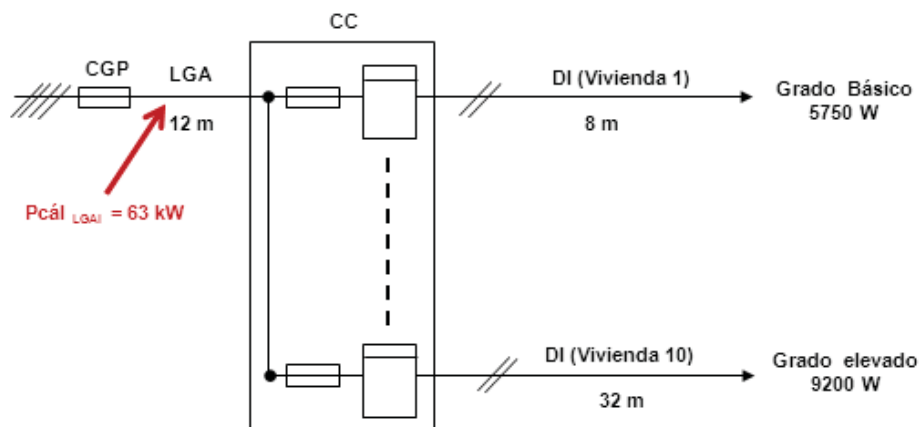
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje superficial
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Sabiendo que la caída de tensión máxima en la línea es de 2,4 %. Se pide:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica. Considerar que la sección es uniforme en toda la línea.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 7



Línea General de Alimentación

- ❖ **Tipo:** Conductores aislados unipolares en el interior de tubos en montaje superficial
- ❖ **Conductor:** Cu

Derivaciones Individuales

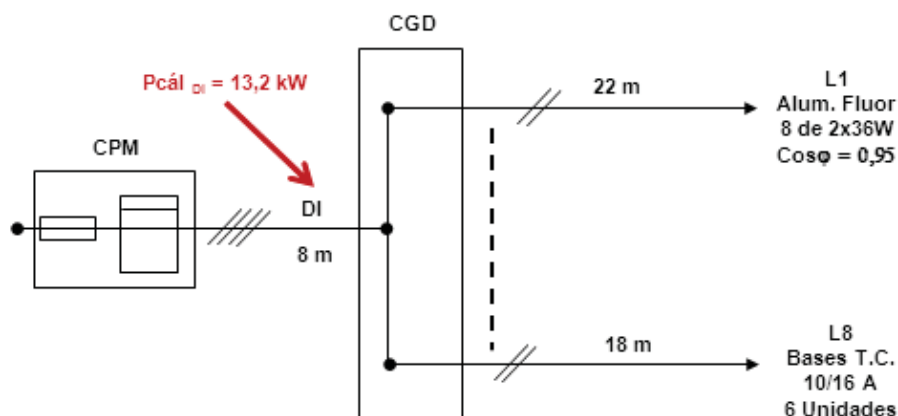
- ❖ **Tipo:** Conductores aislados unipolares bajo tubo en el interior de un conducto cerrado de fabrica
- ❖ **Conductor:** Cu

Se pide, para LGA y Derivaciones Individuales:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 8



Derivaciones Individual

- ❖ **Tipo:** Conductores aislados unipolares bajo tubo enterrado
- ❖ **Conductor:** Cu

Líneas interiores

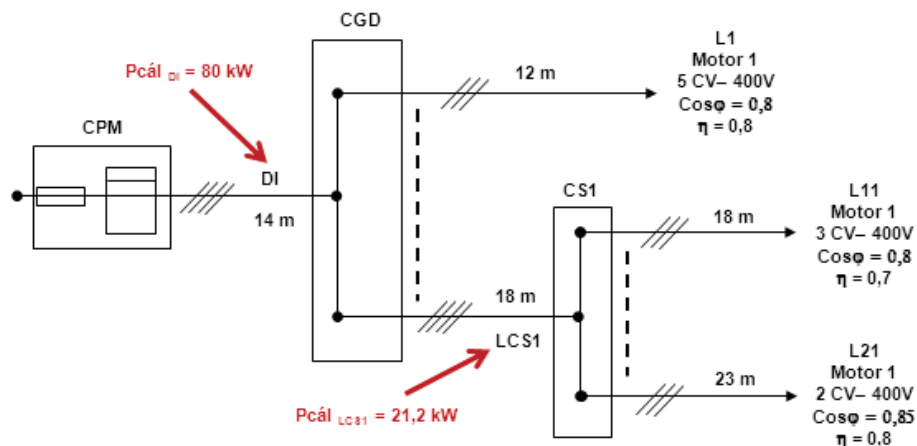
- ❖ **Tipo:** Conductores aislados unipolares en el interior de tubos en montaje superficial
- ❖ **Conductor:** Cu

Se pide, para la Derivación individual y líneas interiores:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 9



Derivaciones Individual

- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo enterrado
- ❖ Conductor: Cu

L1, L11, L21 y LCS1

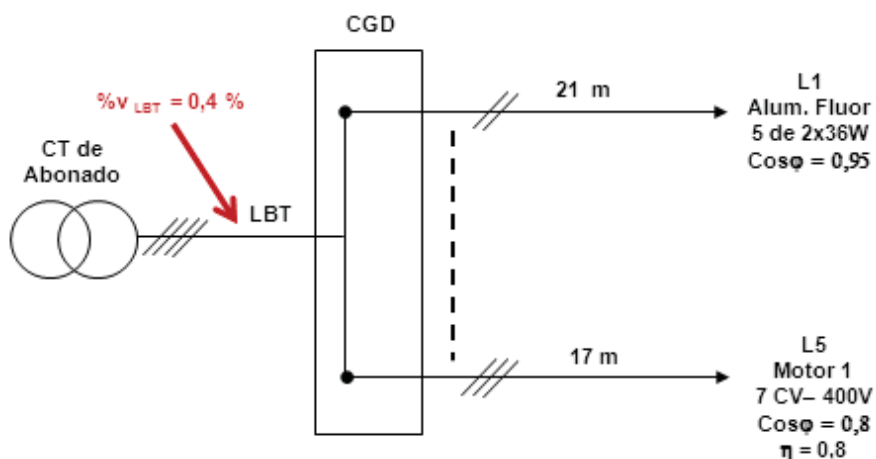
- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares en el interior de tubos en montaje superficial
- ❖ Conductor: Cu

Se pide, para la DI, LCS1, L1, L11 y L21:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 10



L1 y L5

- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares en el interior de tubos en montaje superficial
- ❖ Conductor: Cu

Se pide, para la L1 y L5:

- 1) Sección del conductor por caída de tensión y capacidad térmica.
- 2) Número de conductores y anotación literal de la línea en el esquema unifilar
- 3) Diámetro de tubo

Unidad Didáctica 4

Corrientes de cortocircuito y protecciones eléctricas

Unidad Didáctica 4

5

CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

1. Introducción.
2. Tipos de cortocircuito.
3. Intensidad máxima y mínima de c.c.
4. Cálculo de la c.c. en una instalación.
5. Ejercicios de aplicación.

Introducción

¿Por qué es necesario calcular la corriente de cortocircuito?

Para garantizar que los dispositivos de protección abran los circuitos de la instalación, antes de que se produzcan daños peligrosos.

✚ **Definición (UNE 20460 /4-43) .**

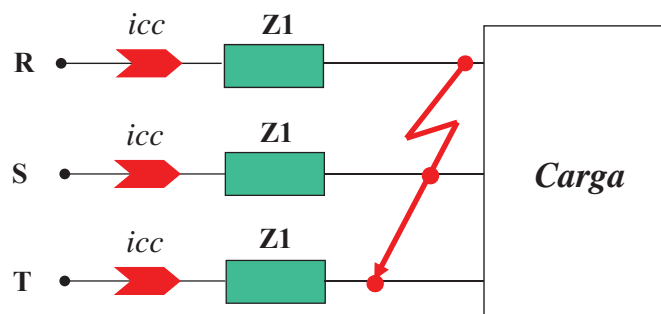
Sobreintensidad: Intensidad superior a la nominal.

Corriente de Sobrecarga: Sobreintensidad que se produce en un circuito eléctricamente sano.

Corriente de Cortocircuito: Sobreintensidad producida por un defecto de impedancia despreciable entre puntos que presentan una diferencia de potencial en servicio normal.

Tipos de cortocircuito

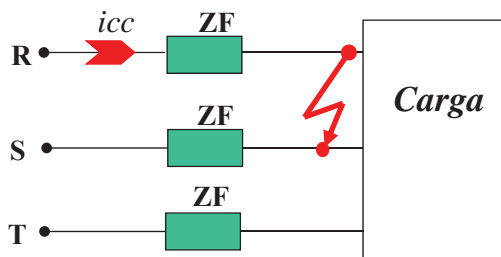
✚ Cortocircuito trifásico.



$$i_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} \cdot Z_1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_1}$$

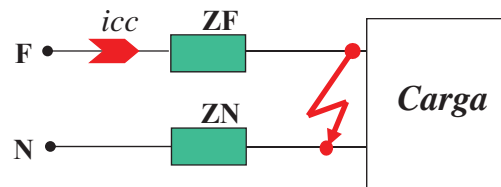
Tipos de cortocircuito

Cortocircuito bifásico.



$$i_{cc} = \frac{V}{Z_F + Z_F} = \frac{400}{2 \cdot Z_F}$$

Cortocircuito fase-neutro.



$$i_{cc} = \frac{V}{Z_F + Z_N} = \frac{230}{Z_F + Z_N}$$

Intensidad máxima y mínima de c.c.

Intensidad máxima de cc

- Nos permite determinar el poder de corte de los dispositivos de protección.
- Comprobar la sección del conductor mediante la curva de limitación térmica del dispositivo de protección.

Intensidad mínima de cc

- Cuando se utilizan interruptores magnetotérmicos, nos permite garantizar que dispara el relé magnético.
- Cuando se utilizan fusibles, nos permite garantizar que éste funde incluso en la mínima c.c.

Intensidad máxima y mínima de c.c.

Valor de cresta máximo de una corriente de cortocircuito

- Necesario para dimensionar los embarrados de los cuadros frente a esfuerzos electrodinámicos.
- Nos permite determinar el poder de cierre de los dispositivos de protección.

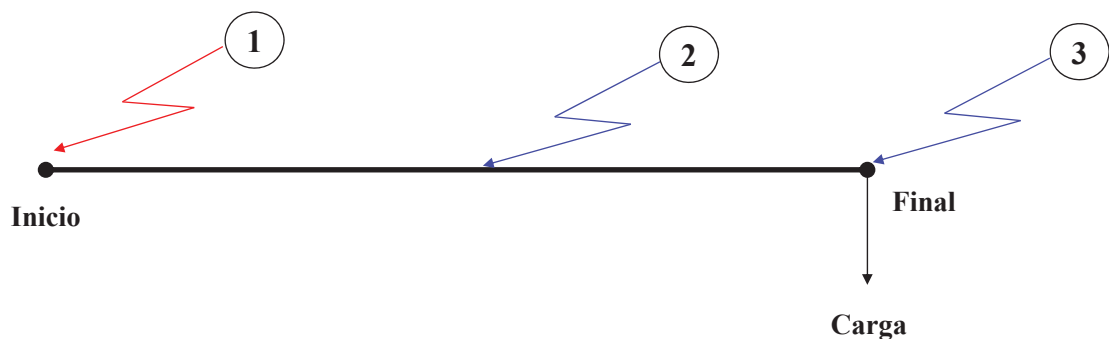
$$I_{kp} = I_{ccm\acute{a}x} \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3 \cdot R}{X}} \right)$$

O también:

$$I_{kp} = I_{ccm\acute{a}x} \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{\tan\varphi}} \right)$$

Intensidad máxima y mínima de c.c.

✚ Análisis del valor de la corriente de cortocircuito a lo largo de una línea.



Se observa que:

$$I_{cc1} (\text{Inicio}) > I_{cc2} > I_{cc3} (\text{Final})$$

Intensidad máxima y mínima de c.c.

Intensidad de cortocircuito MÁXIMA.

El valor de la intensidad máxima de cortocircuito de una línea se determina considerando las siguientes reglas:

- Al inicio de la línea o en bornes del dispositivo de protección.

- En sistemas monofásicos se considera un cortocircuito fase-neutro.



$$i_{cc} = \frac{230}{Z_F + Z_N}$$

- En sistemas trifásicos con o sin neutro se considera un cortocircuito trifásico.



$$i_{cc} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_1}$$

- Para el valor de la resistencia de los conductores, se considerará una temperatura de 20 °C.

Intensidad máxima y mínima de c.c.

Intensidad de cortocircuito MÍNIMA.

El valor de la intensidad mínima de cortocircuito de una línea se determina considerando las siguientes reglas:

- Al final de la línea.

- En sistemas monofásicos o trifásicos con neutro se considera un cortocircuito fase-neutro.



$$i_{cc} = \frac{230}{Z_F + Z_N}$$

- En sistemas trifásicos sin neutro se considera un cortocircuito bifásico.



$$i_{cc} = \frac{400}{2 \cdot Z_F}$$

- La temperatura a considerar en el cálculo de la resistencia de los conductores será de 70 °C (PVC) y 90 °C (XLPE o EPR).

Cálculo de la c.c. en una instalación

✚ Formas para iniciar el cálculo de la Icc.

Desde el transformador

En este caso debemos conocer:

- ❖ Potencia de cortocircuito en el lado de AT (Nosotros la despreciaremos).
- ❖ Potencia nominal del transformador en KVA.
- ❖ Impedancia de la red de distribución y la acometida.

Desde la Caja General de Protección

La empresa suministradora proporciona la intensidad de cortocircuito en el punto de suministro. Para estimar las componentes X y R hasta el punto de suministro (Es necesario conocer la sección de la red de distribución y acometida).

Normas de Iberdrola
MT 2.80.12

Con carácter general, la intensidad de cortocircuito prevista en el origen de la instalación de enlace (CGP) se considerará de 20 kA y para el cálculo del embarrado de la centralización de contadores de 12 kA.

Cálculo de la c.c. en una instalación

✚ Cálculo de la impedancia del transformador

Potencia (KVA)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
Urcc (%)	1,75	1,63	1,47	1,40	1,30	1,23	1,15	1,10	1,03	1,01	1,05
Zcc (mOhm)	64,00	51,20	40,00	32,00	25,60	20,32	16,00	12,80	10,16	10,00	8,00
Rcc (mOhm)	28,00	20,86	14,70	11,20	8,32	6,25	4,60	3,52	2,62	2,02	1,68
Xcc (mOhm)	57,55	46,76	37,20	29,98	24,21	19,33	15,32	12,31	9,82	9,79	7,82

$$Z_{cc} = \frac{\%U_{cc} \cdot V^2}{100 \cdot S}$$

$$R_{cc} = \frac{\%U_{rcc} \cdot V^2}{100 \cdot S}$$

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2}$$

Leyenda:

S = Potencia aparente del transformador en KVA.

Ucc = Caída de Tensión de cortocircuito del transformador en %.

Urcc = Caída de Tensión resistiva de cortocircuito del transformador en %.

Cálculo de la c.c. en una instalación

✚ Cálculo de la impedancia de una línea

$$\vec{Z}_1 = R + jX$$

- Valor de “X” (Guía Técnica de Aplicación RBT).

Sección	Reactancia inductiva (X)
$S \leq 120 \text{ mm}^2$	$X \cong 0$
$S = 150 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,15 R$
$S = 185 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,20 R$
$S = 240 \text{ mm}^2$	$X \cong 0,25 R$

Cálculo de la c.c. en una instalación

- Valor de “R y X” según la sección del conductor.

Sección mm ²	Resistencia (mohm/m)			Reactancia (mohm/m)
	20°C	70°C PVC	90°C EPR/XLPE	
1,5	12,34	14,81	15,80	-
2,5	7,40	8,88	9,48	-
4	4,63	5,55	5,92	-
6	3,09	3,70	3,95	-
10	1,85	2,22	2,37	-
16	1,16	1,39	1,48	-
25	0,74	0,89	0,95	-
35	0,53	0,63	0,68	-
50	0,37	0,44	0,47	-
70	0,26	0,32	0,34	-
95	0,19	0,23	0,25	-
120	0,15	0,19	0,20	-
150	0,12	0,15	0,16	0,02
185	0,10	0,12	0,13	0,02
240	0,08	0,09	0,10	0,02

Material conductor

Cobre

Cálculo de la c.c. en una instalación

- Valor de “R y X” según la sección del conductor.

Sección mm ²	Resistencia (mohm/m)			Reactancia (mohm/m)
	20°C	70°C PVC	90°C EPR/XLPE	
1,5	19,61	23,53	25,10	-
2,5	11,76	14,12	15,06	-
4	7,35	8,82	9,41	-
6	4,90	5,88	6,27	-
10	2,94	3,53	3,76	-
16	1,84	2,21	2,35	-
25	1,18	1,41	1,51	-
35	0,84	1,01	1,08	-
50	0,59	0,71	0,75	-
70	0,42	0,50	0,54	-
95	0,31	0,37	0,40	-
120	0,25	0,29	0,31	-
150	0,20	0,24	0,25	0,03
185	0,16	0,19	0,20	0,03
240	0,12	0,15	0,16	0,03

Material conductor

Aluminio

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 1 de UD3

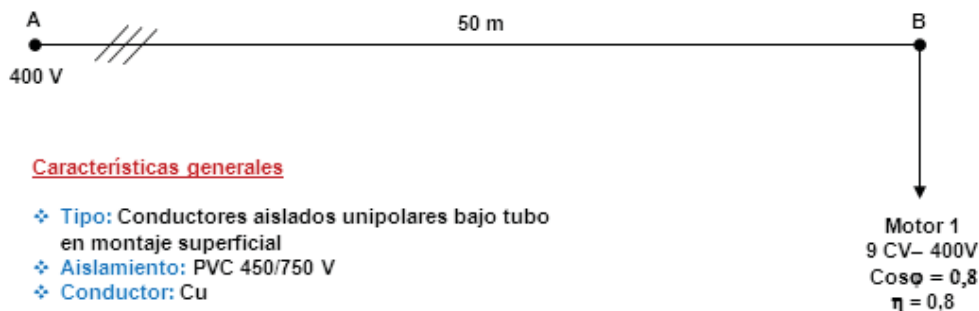
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº1 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar en la línea:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidad mínima de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto “A” para:

- $I_{ccMáx}$: Z_{EQ} (Fase) = 21,8+ 21,32j mΩ
- $I_{ccMín}$: Z_{EQ} (Fase) = 26,6+ 21,32j mΩ



Ejercicios de aplicación

Ejercicio 2 de UD3

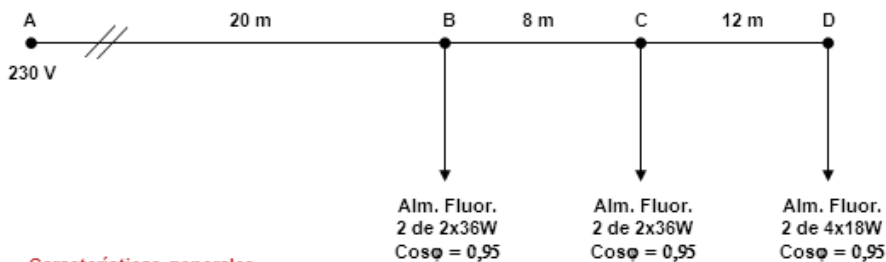
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº2 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar en la línea:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidad mínima de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto "A" para:

- $I_{ccMáx}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 21,8 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{ccMáx}: Z_{EQ}(\text{Neutro}) = 30,4 + 15,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{ccMín}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 26,6 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{ccMín}: Z_{EQ}(\text{Neutro}) = 40,2 + 15,32j \text{ m}\Omega$



- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje empotrado
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 4 de UD3

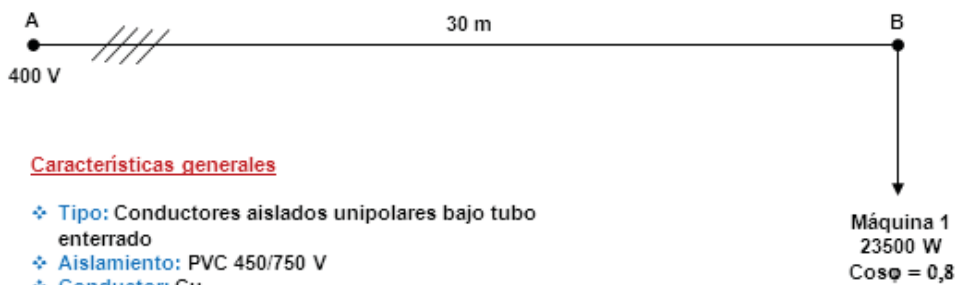
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº4 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar en la línea:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidad mínima de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto "A" para:

- $I_{ccMáx}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 21,8 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{ccMín}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 26,6 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{ccMín}: Z_{EQ}(\text{Neutro}) = 40,2 + 15,32j \text{ m}\Omega$



- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo enterrado
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 5 de UD3

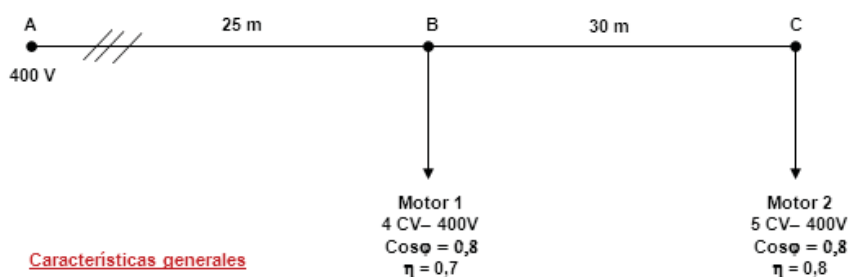
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº5 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar en la línea:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidad mínima de cortocircuito.

NOTA:

- Considerar una $I_{cc\text{máx}}(A)$ de 5kA en el punto A.
- Considerar en las líneas anteriores: $X=0$, conductores de cobre y aislamiento XLPE.



Características generales

- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje superficial
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 6 de UD3

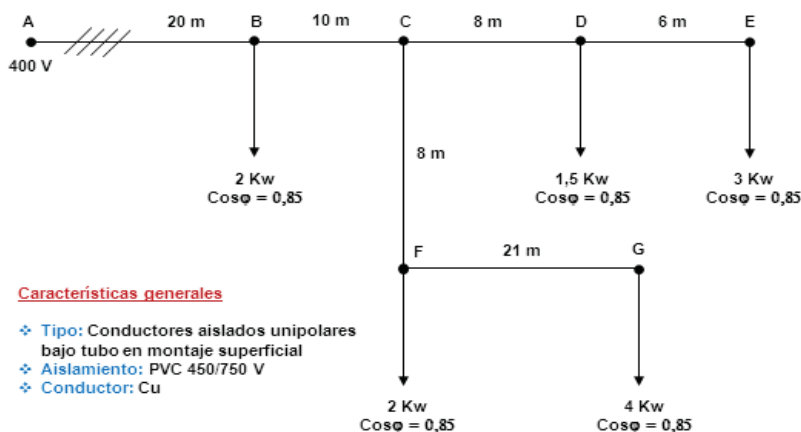
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº6 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar en la línea:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidades mínimas de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto "A" para:

- $I_{cc\text{Máx}}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 21,8 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{cc\text{Mín}}: Z_{EQ}(\text{Fase}) = 26,6 + 21,32j \text{ m}\Omega$
- $I_{cc\text{Mín}}: Z_{EQ}(\text{Neutro}) = 40,2 + 15,32j \text{ m}\Omega$



Características generales

- ❖ Tipo: Conductores aislados unipolares bajo tubo en montaje superficial
- ❖ Aislamiento: PVC 450/750 V
- ❖ Conductor: Cu

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 7 de UD3

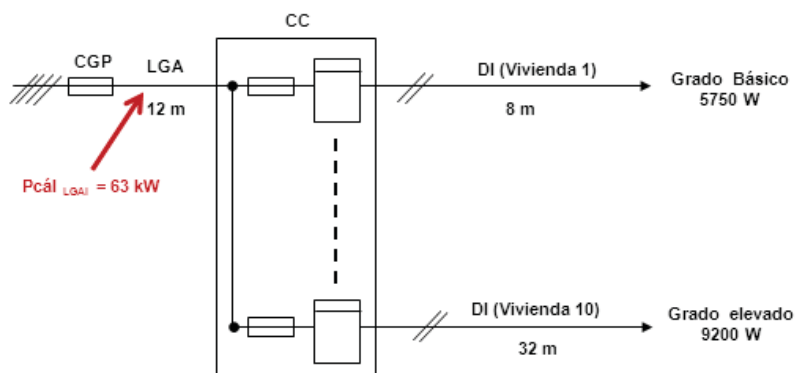
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº7 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar para LGA, DI1 y DI10:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidades mínimas de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto de suministro:

- Un trafa de 400 kVA
- Línea de 3x240+150 mm² de 110 metros con conductores unipolares de aluminio bajo tubo enterrado.



Ejercicios de aplicación

Ejercicio 9 de UD3

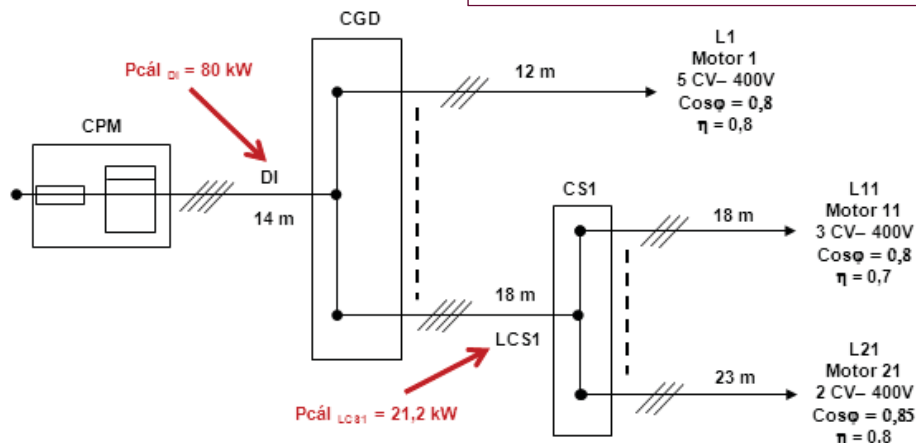
Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº9 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar todas las líneas :

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidades mínimas de cortocircuito.

NOTA: Considerar hasta el punto de suministro:

- Un trafa de 400 kVA
- Línea de 3x240+150 mm² de 110 metros con conductores unipolares de aluminio bajo tubo enterrado.



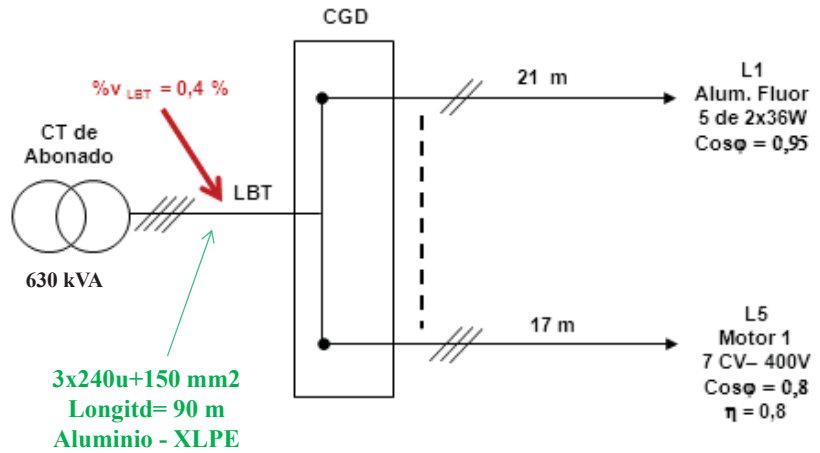
Ejercicios de aplicación

Ejercicio 10 de UD3

Partiendo de la sección calculada en la línea del Ejercicio nº10 de la Unidad Didáctica N°3:

Determinar para todas las líneas:

- 1) Intensidad máxima de cortocircuito.
- 2) Intensidades mínimas de cortocircuito.
- 3) Intensidad máxima de cc de cresta en el CGD.



6

SELECCIÓN DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

1. Introducción.
2. Fusible.
3. Interruptor magnetotérmico.
4. Diferencial.
5. Protección contra sobretensiones.
6. Coordinación de protecciones.
7. Comprobación de la sección por cortocircuito.
8. Ejercicios de aplicación.

Introducción

¿Qué es necesario proteger?

Protección contra sobreintensidades

- Sobrecargas.
- Cortocircuitos.

Protección de personas

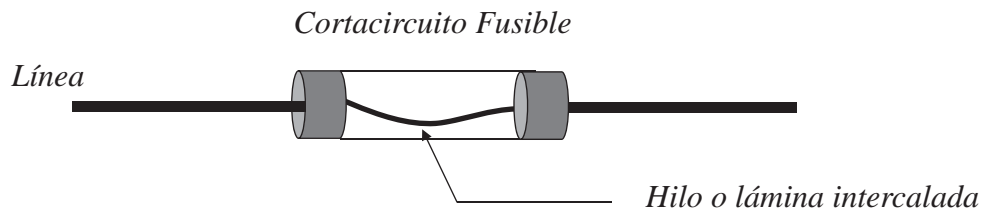
- Contactos directos.
- Contactos indirectos.

Protección contra sobretensiones

- Caída directa e indirecta de un rayo. Descargas atmosféricas.
- Maniobras y cortes de instalaciones. Descargas de maniobra.

Fusibles

- ✚ Se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

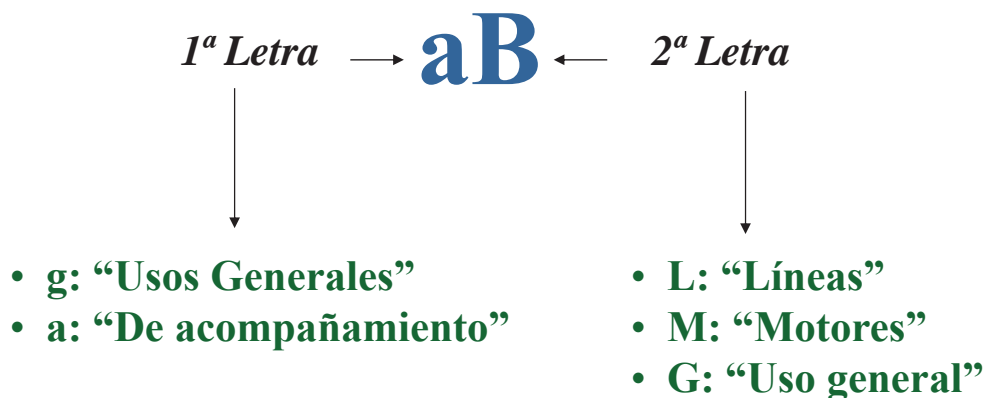


- ✚ Materiales empleados.

Se utiliza un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, etc.

Fusibles

- ✚ Tipos de fusibles.



Los más utilizados son: gL, gG, aM y gR

Fusibles

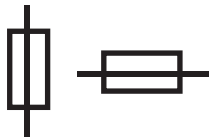
✚ Parámetros de selección.

- Identificación de fusible: aM, gL, gG, gR etc.
- Tipo y Tamaño del fusible.
- Calibre o intensidad nominal.
- Poder de corte

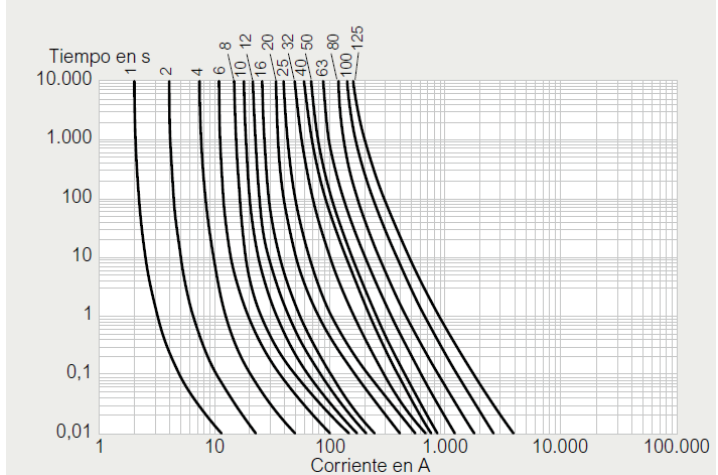
✚ Curva de disparo.

$$I = f(t)$$

✚ Símbología.



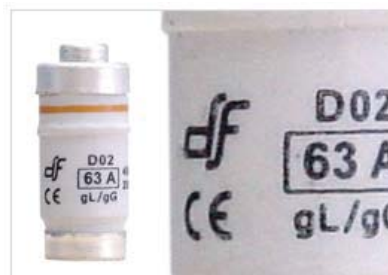
■ Curvas de fusión tipo gG



Fusibles



“Cilíndricos”



“DO”



“NH”



“Vidrio”

Fusibles

✦ Selección de un Fusible.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.

Condiciones

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

- ❖ I_B = Intensidad de cálculo del circuito (A).
- ❖ I_N = Intensidad nominal o calibre del interruptor (A).
- ❖ I_Z = Intensidad máxima admisible del conductor (A).
- ❖ I_F = Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A).

$$I_F \leq 1,45 \times I_Z \rightarrow$$

I_n (A)	Tiempo convencional (h)	I_f Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

→ Tipo
gL y gG

Fusibles

PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO.

Condiciones

$$I_{ccm\acute{a}x} \leq \text{Poder de corte}$$

$$I_{\text{Fusión}}(5s) \leq I_{ccmin}$$



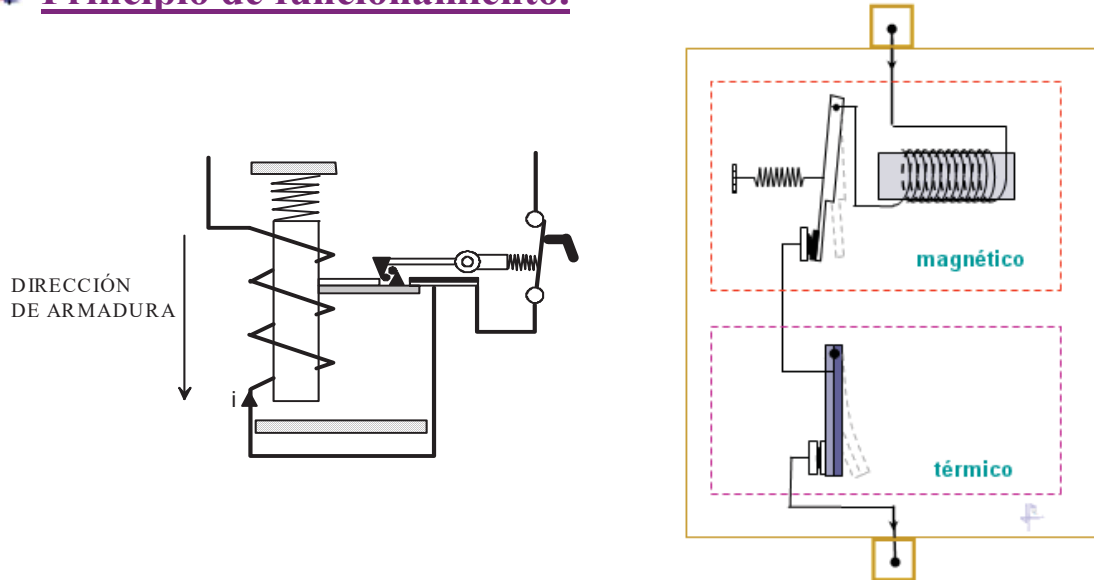
Asegurar que el fusible funde incluso para intensidades inferiores a la mínima de c.c. Por lo tanto, si la I_{ccmin} es mayor la máxima también lo será.

I_n	I. Fus (5s)	I_n	I. Fus (5s)
16	90	125	800
20	110	160	1000
25	140	200	1300
32	180	250	1700
40	220	315	2200
50	280	400	2800
63	350	500	3600
80	460	630	5000
100	600	800	7000

Interrupor magnetotérmico

✚ Protege contra **SOBRECARGAS** y **CORTOCIRCUITOS**.

✚ Principio de funcionamiento.

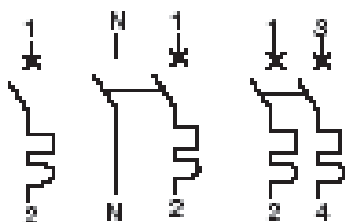


Interrupor magnetotérmico

✚ Parámetros de selección.

- Calibre o intensidad nominal (A).
- Poder de corte (kA).
- Tensión nominal (V).
- Número de polos (**1P**, **1P+N**, **2P**, **3P**, **3P+N** y **4P**).
- Curva de disparo.

✚ Simbología.

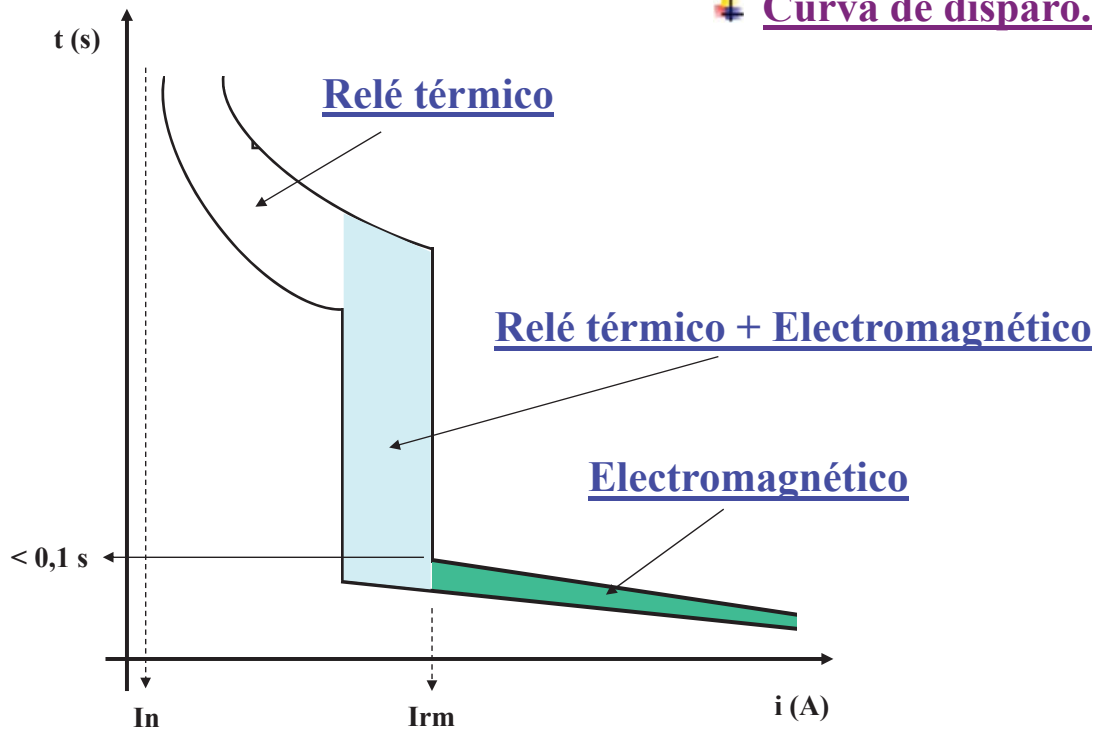


Importante:

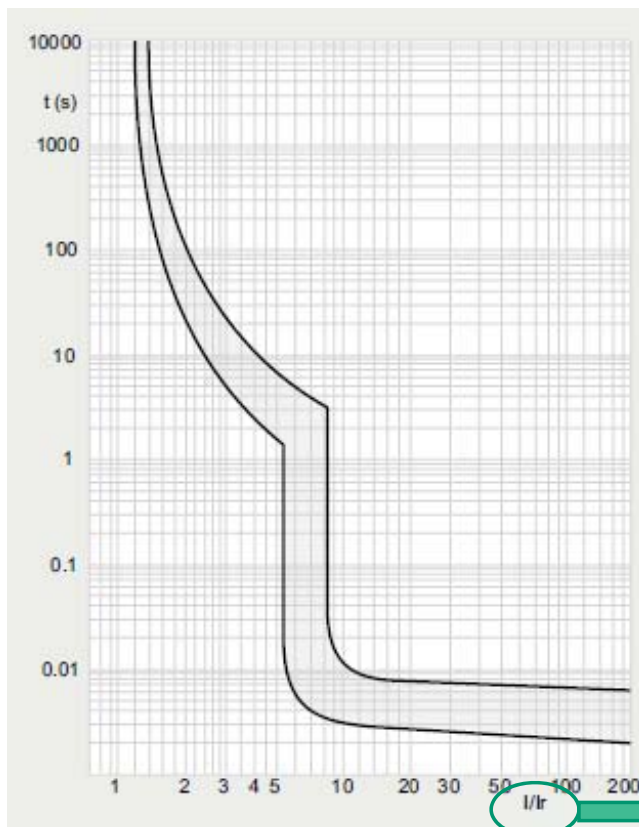
ITC BT 17: Todos los interruptores automáticos que protegen contra sobrecargas y cortocircuitos los circuitos interiores tendrán que ser de **CORTE OMNIPOLAR**

Interruptor magnetotérmico

+ Curva de disparo.



Interruptor magnetotérmico



In Magnetotérmicos

6 A	40 A
10 A	50 A
16 A	63 A
20 A	80 A
25 A	100 A reg
32 A	125 A reg

Cociente entre la Intensidad que deseamos y la Intensidad nominal del dispositivo

Interrupor magnetotérmico

Tipos de curvas.

Utilización según tipo de curvas:

Curva B: $I_{rm} = 5 I_n$ → Disparo 3 a 5 veces la I_n .

Uso para generadores, personas, cables de gran longitud
Antigua Curva L

Curva C: $I_{rm} = 10 I_n$ → Disparo 5 a 10 I_n

Alumbrado, tomas de corriente; aplicaciones generales.

Antigua curva U

Curva D: $I_{rm} = 20 I_n$ → Disparo 10 a 20 I_n

Receptores con fuertes puntas de arranque (motores, transformadores)

Curva MA: → Arranque de motores

No protege a sobrecarga

Cortocircuito: $I_{rm} = 12 I_n$

Curva Z: → Uso para protección circuitos electrónicos

Sobrecarga: Térmico estandar

Cortocircuito: $I_{rm} = 2$ a $3 I_n$

Curva ICP-M → Interruptor control de potencia

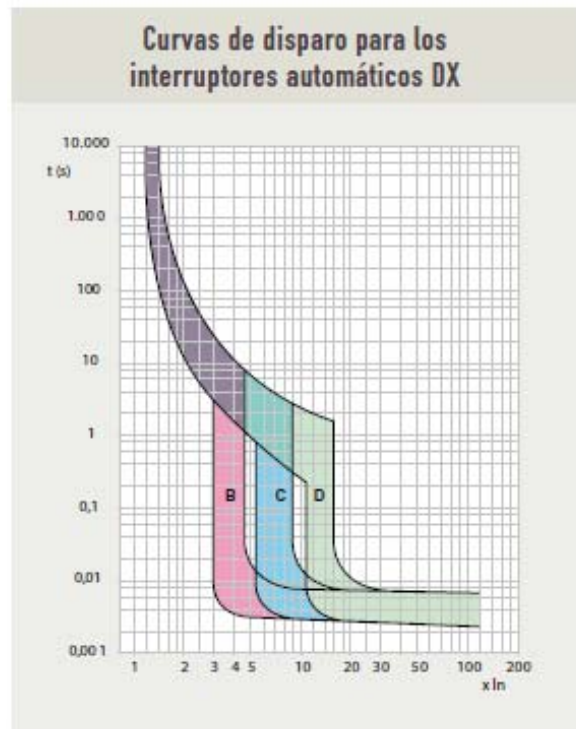
Cortocircuito: $I_{rm} = 5$ a $8 I_n$

Curvas Antiguas:

Curva U → Actual C

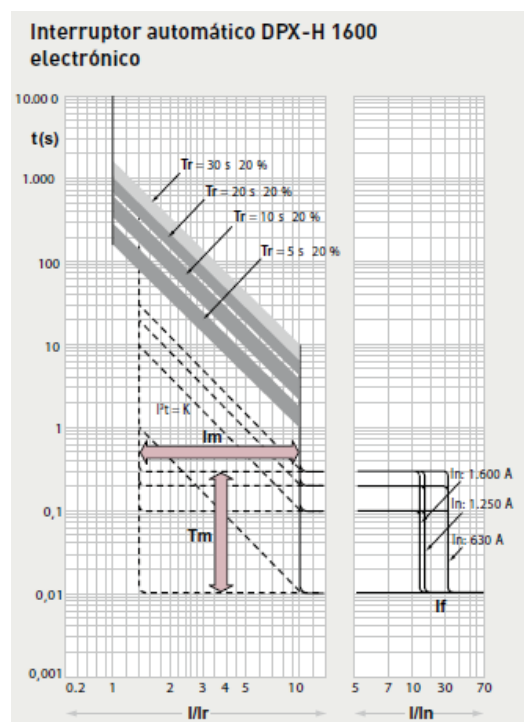
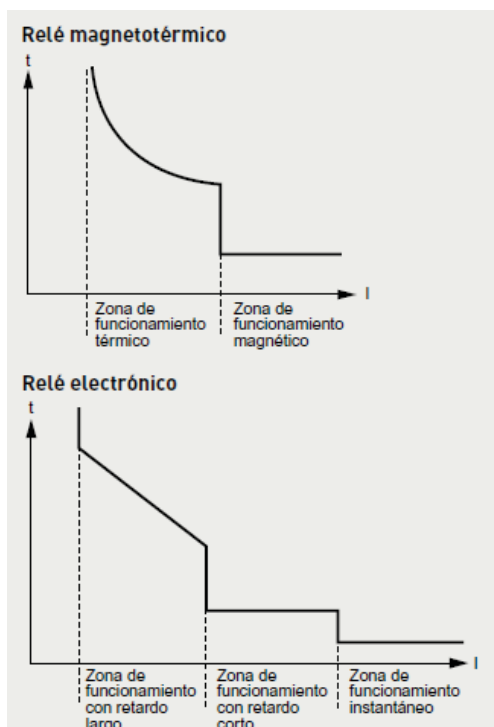
Curva L → Actual B

Curva G → Actual D



Interrupor magnetotérmico

Ajustes de curvas. Interruptores automáticos electrónicos.



Interrupor magnetotérmico

✚ Tipos de interruptores automáticos o magnetotérmicos.

Interruptores de pequeña potencia



Interruptores de gran potencia

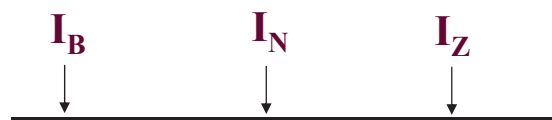


Interrupor magnetotérmico

✚ Selección de un interruptor automático.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$



- I_B = Intensidad de cálculo del circuito (A).
- I_N = Intensidad nominal o calibre del interruptor (A).
- I_Z = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Interruptor magnetotérmico

✚ Selección de un interruptor automático.

PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS.

Condición 1 $\Rightarrow I_{rm} \leq I_{ccmín}$

Condición 2 $\Rightarrow I_{ccmáx} \leq \text{Poder de corte}$

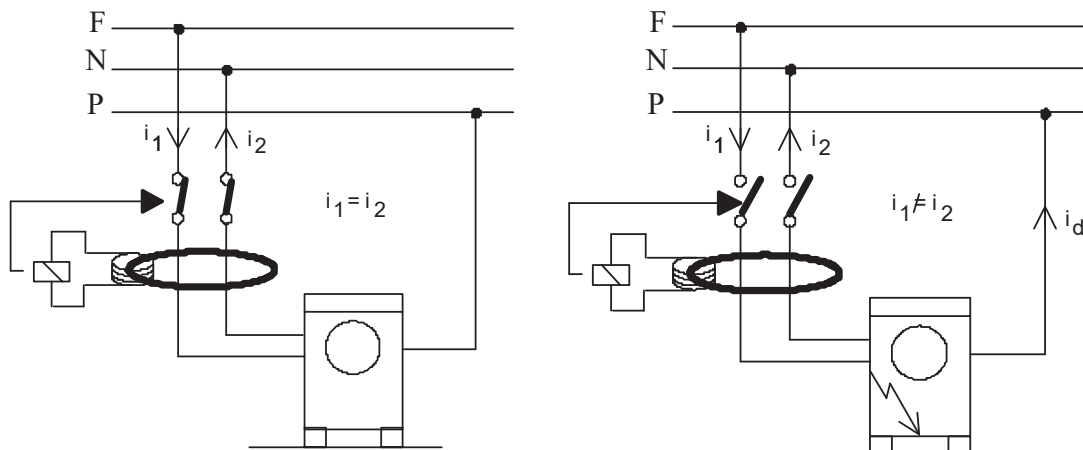
Valor del P.C.

4.5, 6, 10, 15, 22, 25, 35, 50 kA,
(Depende de fabricantes)

Interruptor diferencial

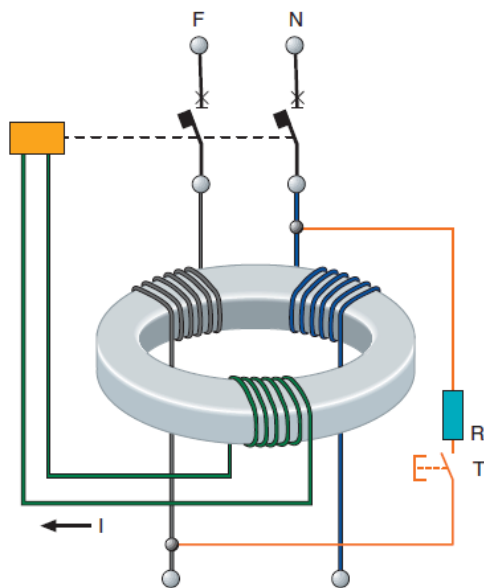
✚ PROTECCIÓN DE PERSONAS contra contactos directos e indirectos.

✚ Principio de funcionamiento.



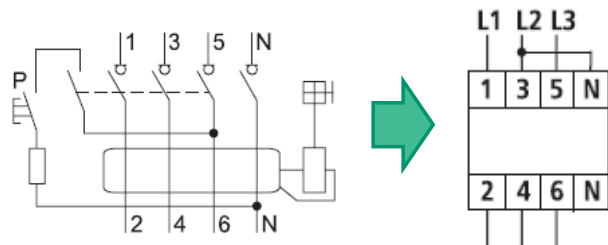
Interruptor diferencial

Funcionamiento del Botón de Prueba



Diferencial monofásico

Uso de diferencial Tetrapolar en una línea sin neutro distribuido



OBSERVACIONES:

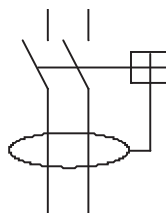
- En algunos diferenciales el botón de prueba utiliza dos fases, por lo tanto, no es necesario realizar el puente.
- En otros, es necesario realizar el puente mediante una resistencia.

Interruptor diferencial

✚ Parámetros de selección.

- Clase (Próximas transparencias).
- Calibre o intensidad nominal (A).
- Poder de corte (kA).
- Tensión nominal (V).
- Número de polos (2P o 4P).
- Sensibilidad (30 mA, 300 mA, 500 mA, etc).

✚ Simbología.



Interruptor diferencial

Interruptores de pequeña intensidad



Interruptores de gran intensidad






Interruptor diferencial

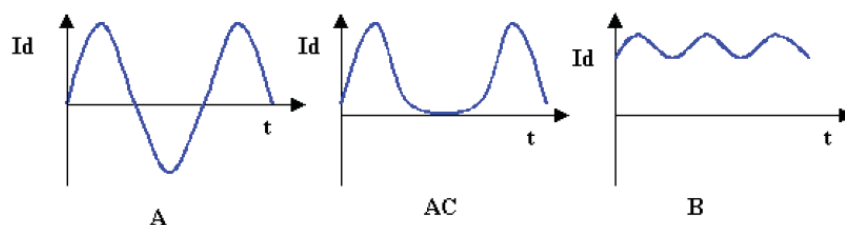
CLASIFICACIÓN.

Según la forma de onda de la corriente de fuga

 **Clase AC:** Esta es la clase estándar. Asegura la desconexión ante una **corriente diferencial alterna senoidal** aplicada bruscamente o de valor creciente.

 **Clase A:** esta clase permite detectar corrientes de fuga **alternas o pulsantes con o sin componente continua** aplicadas bruscamente o de valor creciente. Los interruptores diferenciales de esta clase son especialmente aptos para proteger equipos con componentes electrónicos alimentados directamente por la red eléctrica sin conexión de transformadores.

  **Clase B:** aptos para los mismos tipos de corrientes que la clase A, esto es **corriente alterna y/o continua pulsante y además para corriente continua alisada**.

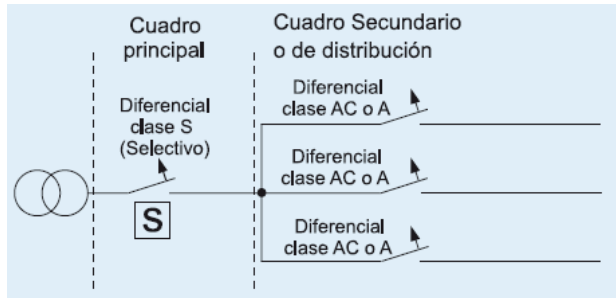


Interruptor diferencial

Según el tiempo de disparo

Instantáneos o Selectivos (S)

Los diferenciales selectivos permiten **ajustar tiempos de retardo que garanticen la selectividad** en las instalaciones. Suelen colocarse aguas arriba.



Superinmunizados (SI) o de Alta inmunidad (AI o HI)

Evita las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia producidas entre otros por los circuitos informáticos, circuitos con reactancias electrónicas o las corrientes inducidas por las descargas de origen atmosférico.

Reconexión automática

Existen dos tipos: diferenciales que hacen varios intentos y otros que intentan rearmar de forma indefinida.

Interruptor diferencial

✚ Selección de parámetros básicos.

- **Calibre o intensidad nominal (A).**

$$I_B \leq I_N$$

- **Sensibilidad (30 mA, 300 mA, 500 mA, 1 A, etc).**

A nivel de cargas de utilización:

30 mA -> Alumbrado y otros usos

300 mA -> Motores

En VIVIENDAS (ITC BT 25): La sensibilidad máxima es de 30 mA.

Para garantizar la selectividad por sensibilidad, el dispositivo aguas arriba deben tener una sensibilidad superior al doble de la sensibilidad del dispositivo aguas abajo.

Protección contra sobretensiones

Artículo 16.3 del RBT

“Los sistemas de protección para las instalaciones interiores o receptoras para baja tensión impedirán los efectos de las sobreintensidades y sobretensiones que por distintas causas cabe prever en las mismas y resguardarán a sus materiales y equipos de las acciones y efectos de los agentes externos”

ITC BT 23 : Protección contra sobretensiones en instalaciones interiores o receptoras.

Esta instrucción trata de la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las **sobretensiones transitorias** que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

Protección contra sobretensiones

Tipos de sobretensiones

Transitorias: Sobretensiones de muy corta duración pero de valor muy elevado.

Permanentes: Sobretensiones por encima del 10% de la tensión nominal (230 V) que se mantienen durante varios ciclos o de forma permanente

Situaciones que causan sobretensiones transitorias

Sobretensiones debidas a descargas atmosféricas.

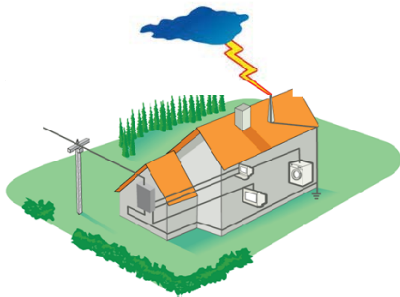
Se deben a la caída directa o indirecta de un rayo. Son las más peligrosas porque poseen valores de cresta muy elevados y una alta energía.

No son las más frecuentes (aproximadamente un 20%).

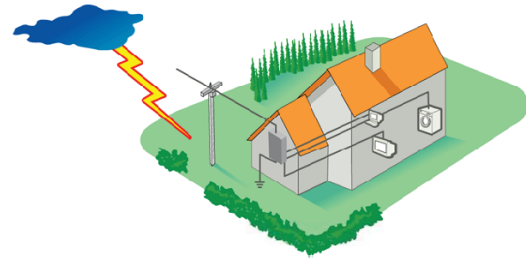
Pueden provocar tanto la destrucción de los aparatos como el envejecimiento prematuro de los mismos.

Protección contra sobretensiones

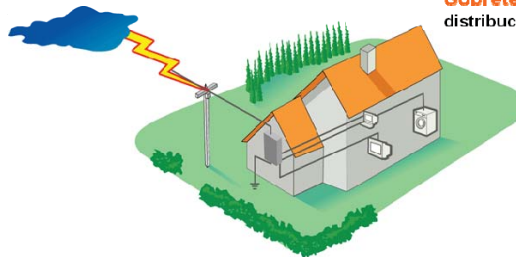
Tipos de sobretensiones atmosféricas



Impacto directo (pararrayos): Sobretensiones debidas al aumento de potencial de tierra



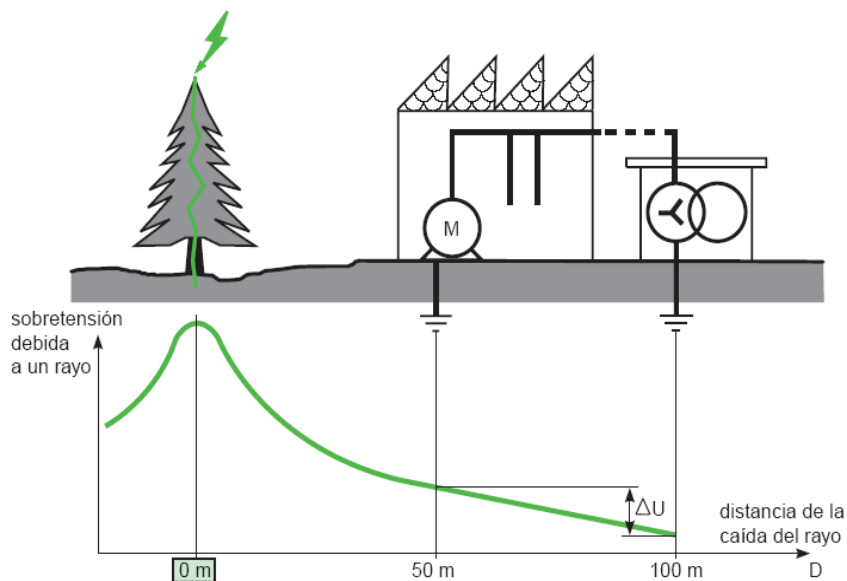
Sobretensiones Inducidas: Cerca de la línea de distribución de energía que entra al edificio



Sobretensiones conducidas: Directamente en la línea de distribución de energía que entra al edificio

Protección contra sobretensiones

Consecuencias del aumento del potencial de tierra

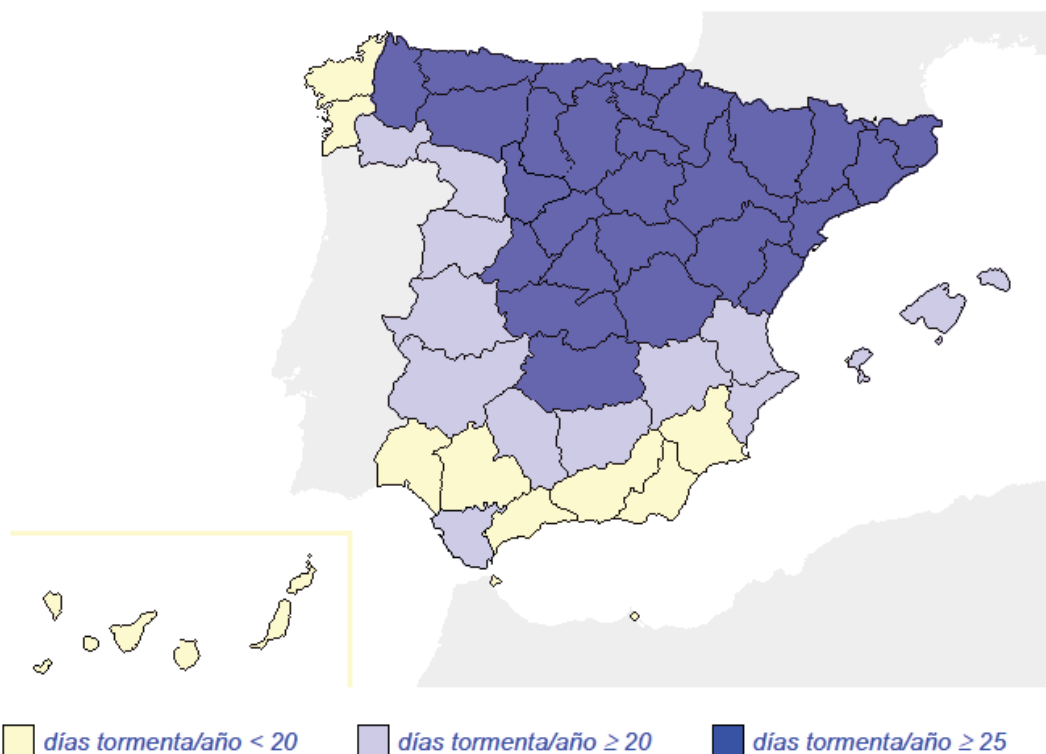


$U \approx 0,2 \cdot I \cdot \rho_S / D$
siendo:
 I : corriente de rayo,
 ρ_S : resistividad del suelo.

A 100 m un caballo
entre sus piernas:
V = 500 V

Protección contra sobretensiones

Mapa A – Clasificación de las provincias de España en función del número medio anual de días de tormenta.



Protección contra sobretensiones

Sobretensiones debidas a maniobras en la red.

Están causadas principalmente por conmutaciones de potencia en las líneas eléctricas, accionamiento de motores, dispositivos de mando, etc.

Son las más habituales (aproximadamente 75%-80%).

Las sobretensiones no son muy elevadas, por lo tanto, las consecuencias son un envejecimiento prematuro o mal funcionamiento de los receptores.

Consecuencias de las sobretensiones transitorias

Efectos en las personas.

Tocar un objeto conectado a tierra en el momento preciso en el que esta tierra evacua la corriente puede constituir un gran riesgo para la persona. El riesgo dependerá de la amplitud y duración de la corriente, el trayecto seguido a través del cuerpo, etc. Incluso se podría llegar a la electrocución.

Efectos en los materiales.

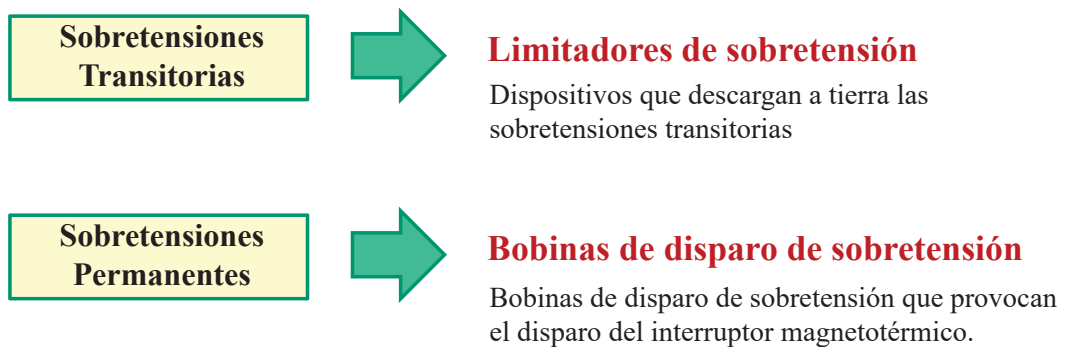
Cuando una sobretensión aplicada a un material sobrepasa el nivel de aislamiento, el material se puede destruir o envejecer prematuramente.

Protección contra sobretensiones

Situaciones que originan las sobretensiones PERMANENTES

- ❖ Cortes del neutro en la red de distribución.
- ❖ Defectos de conexión del conductor neutro.
- ❖ Defectos en los centros de transformación.

Dispositivos de protección contra sobretensiones



Protección contra sobretensiones

Principales parámetros de un limitador de sobretensiones

Intensidad máxima "Imáx": Máxima intensidad de descarga que puede aguantar el limitador una sola vez.

Intensidad nominal "In": Intensidad que el limitador puede descargar 20 veces sin dañarse.

Tensión máxima en régimen permanente "Uc": es el valor eficaz de tensión máximo que puede aplicarse permanentemente a los bornes del dispositivo de protección. Su valor debe ser superior a la tensión máxima permanente permitida en la instalación.

Tensión residual "Up": Es la tensión que aparece entre los extremos del limitador cuando es atravesado por la intensidad. Para que el receptor no sufra daños o se destruya, la tensión residual tiene que ser menor que la tensión máxima soportada por el receptor

	Tensión soportada a impulsos por el receptor Uoc (1,2/50µs)			
	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Tensión Nominal de la Instalación	Ordenadores, televisores, equipos electrónicos muy sensibles, HI FL...	Electrodomésticos, herramientas portátiles	Motores, transformadores, equipos industriales	Contadores industriales, equipos industriales de medida
230/400	1,5 Kv	2,5 KV	4 KV	6 Kv

Protección contra sobretensiones



¿Cuándo debe instalarse un limitador de sobretensiones?

	SITUACIONES	EJEMPLOS CONCRETOS	REQUISITO
	Linea de alimentación de BT total o parcialmente aérea. O cuando la instalación incluye líneas aéreas.	Todas las instalaciones: industriales, terciarias, vivienda...	OBLIGATORIO
	Riesgo de fallo que afecte a la vida humana.	Servicios de seguridad, centros de emergencias, equipo médico en hospitales...	OBLIGATORIO
	Riesgo de fallo que afecte a la vida de animales.	Explotaciones ganaderas, piscifactorías...	OBLIGATORIO
	Riesgo de fallo que afecte a los servicios públicos.	Pérdida de servicio para el usuario del transporte, centros informáticos, sistemas de telecomunicaciones...	OBLIGATORIO
	Riesgo de fallo que afecte a actividades agrícolas o industriales no interrumpibles.	Industrias con hornos o cámaras y en general con procesos industriales continuos.	OBLIGATORIO

Protección contra sobretensiones

	SITUACIONES	EJEMPLOS CONCRETOS	REQUISITO
	Riesgo de fallo que afecte a las instalaciones y equipos de locales de concurrencia pública, que sean servicios de seguridad.	Sistemas de alumbrado de emergencia no autónomos.	OBLIGATORIO
	Instalaciones en edificios con sistemas de protección externa contra descargas atmosféricas o rayos: pararrayos, puntas Franklin, jaulas de Faraday, instalados en el mismo edificio o en un radio inferior a 50 m.	Todas las instalaciones: industriales, terciarias, vivienda...	OBLIGATORIO
	Viviendas, cuando no resulte obligatorio,	-con sistemas domóticos ITC-BT-51 -con sistema de telecomunicaciones en azotea	RECOMENDADO
	Instalaciones en zonas con más de 20 días registrados de tormenta al año.	Todas las instalaciones: industriales, terciarias, vivienda...	RECOMENDADO
	Equipos especiales muy sensibles y/o muy costosos.	Pantallas de plasma, ordenadores,...	RECOMENDADO

Protección contra sobretensiones

	SITUACIONES	EJEMPLOS CONCRETOS	REQUISITO
	Riesgo de fallo que afecte a las instalaciones y equipos de locales de concurrencia pública, que no sean servicios de seguridad.	Los locales incluidos en la ITC-BT-28	RECOMENDADO
	Las actividades industriales y comerciales no incluidas en cualquiera de los supuestos anteriores.		RECOMENDADO

IMPORTANTE:

Algunas Comunidades Autónomas en sus Normas Particulares OBLIGAN a PROTEGER TODAS LAS INSTALACIONES contra sobretensiones TRANSITORIAS Y PERMANENTES.

Protección contra sobretensiones

Principales componentes utilizados en los limitadores:

Varistores.

Los más empleados se construyen utilizando Óxido de cinc (ZnO).

Es una resistencia no lineal cuyo valor desciende con la tensión aplicada en sus bornes.

Ventajas:

- Relación energía disipada/coste

Inconvenientes:

- Descargas de poca energía provocan su envejecimiento.
- Descargas mayores provocan su destrucción y se quedan en cortocircuito. Por ello, la normativa exige que se señale la avería.



Representación simbólica

Protección contra sobretensiones

Descargadores.

El más empleado es el de gas.

Está formado por dos electrodos y un gas noble (argón o neón) que se encuentra a una determinada presión.

Ventajas:

- Fuerte poder de disipación de energía.
- Corriente de fuga despreciable.
- **Se recompone cuando cesa la descarga.**

Inconvenientes:

- Tiempo de respuesta lento.
- "Uc" mayor que el varistor.



Representación simbólica

Protección contra sobretensiones

Tipos de limitadores en función de la onda de ensayo

Limitador Clase 1 (10/350 μ s)



Para las instalaciones que presentan un riesgo muy alto de descargas atmosféricas o cuando la instalación disponga de pararrayos, etc. **Se suelen colocar en el origen de la instalación.**

Limitador Clase 2 (8/20 μ s)



Para las instalaciones (urbanas, rurales, residencial, industrial, etc) que tienen probabilidad de caída de rayos. **Normalmente se coloca en el cuadro general de protección.**

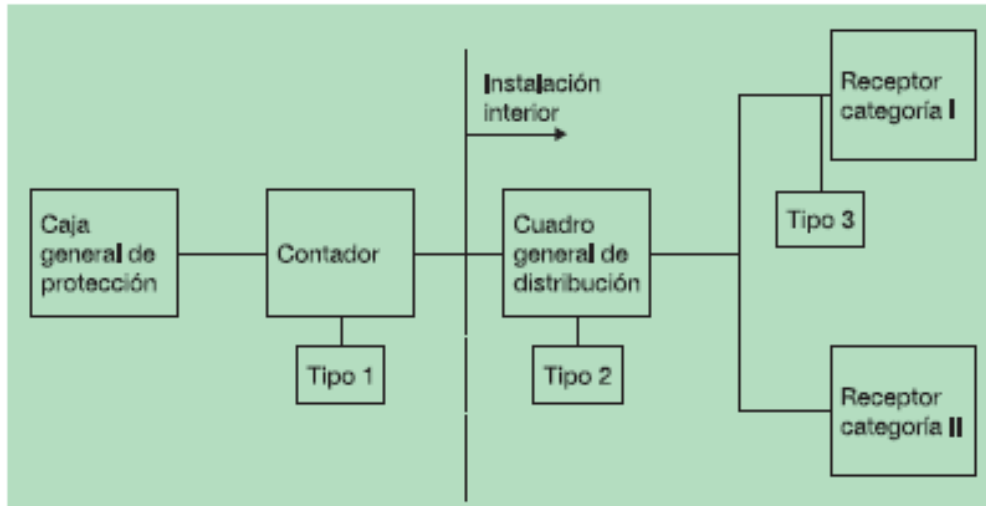
Limitador Clase 3 (8/20 μ s)



Aseguran una protección fina. Se sitúan en casada con los limitadores de cabecera clase 2. **Se colocan cercanos al receptor.**

Protección contra sobretensiones

Ejemplo de instalación que incluye las tres clases de limitadores.

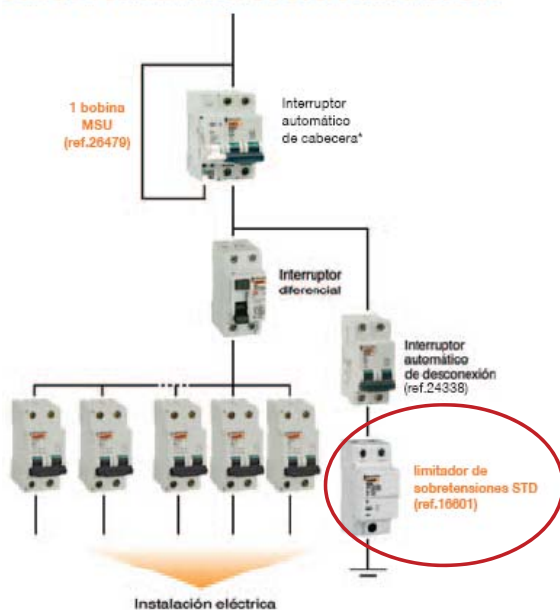


Protección contra sobretensiones

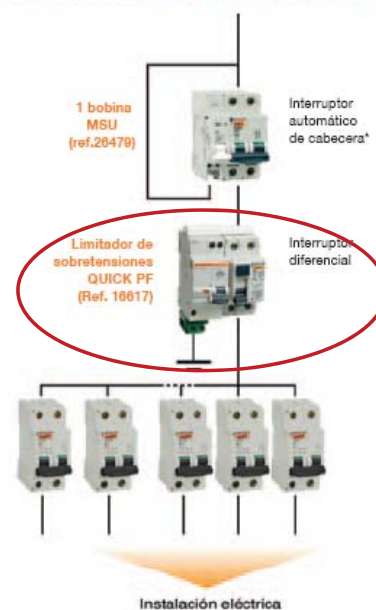
Ejemplos de colocación de limitador de sobretensión

Electrificación básica (monofásica)

Solución con limitador de sobretensiones STD



Solución con limitador de sobretensiones QUICK PF

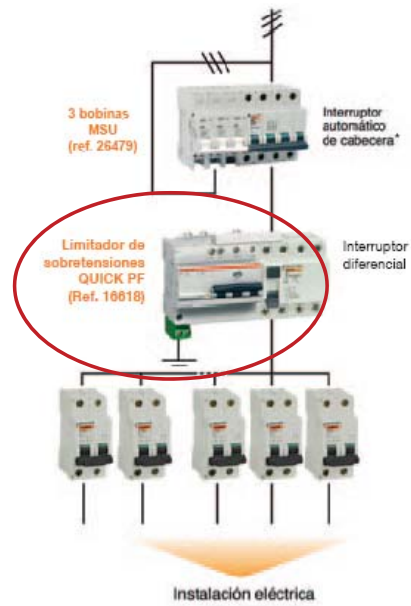
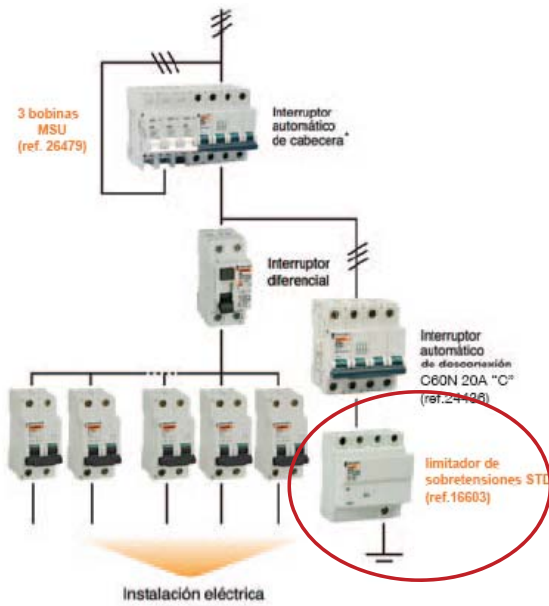


Protección contra sobretensiones

Electrificación básica (trifásica)

Solución con limitador de sobretensiones STD

Solución con limitador de sobretensiones QUICK PF



Protección contra sobretensiones

Limitadores enchufables



Limitadores con automático de desconexión



Limitadores no enchufables



Coordinación de protecciones

Filiación.

La Filiación es la técnica por la cual se aumenta el poder de corte de un interruptor automático al coordinarlo con otro dispositivo de protección colocado aguas arriba. Esta coordinación **hace posible usar un dispositivo de protección con un poder de corte que es menor que la corriente máxima de cortocircuito** prevista en un punto de la instalación.

El poder de corte de un dispositivo puede ser menor que el cortocircuito máximo, siempre que:

- Esté combinado con un dispositivo aguas arriba que tenga el poder de corte necesario en su propio punto de instalación.
- El dispositivo aguas abajo y la canalización protegida puedan resistir la energía limitada por la combinación de los dispositivos.

Solución Recomendada

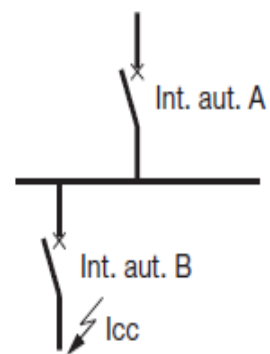


Consultar tablas de filiación de fabricantes

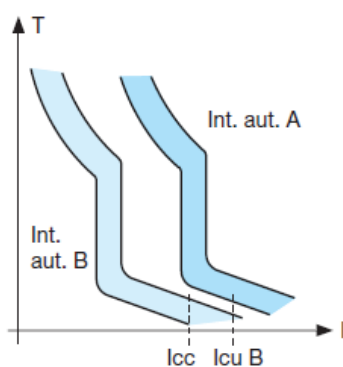
Coordinación de protecciones

Selectividad.

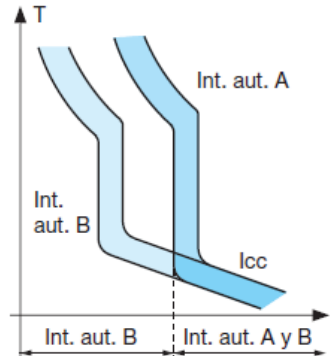
La Selectividad consiste en garantizar el funcionamiento de la protección inmediatamente aguas arriba del defecto generado en una línea de la instalación, sin perturbar el resto.



SELECTIVIDAD TOTAL



SELECTIVIDAD PARCIAL



Solución Recomendada



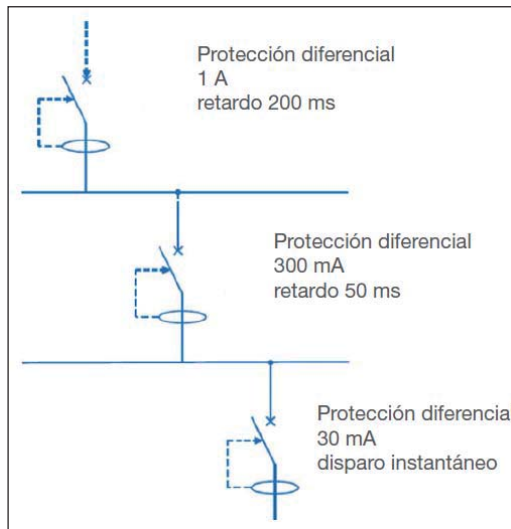
Consultar tablas de selectividad de fabricantes

Coordinación de protecciones

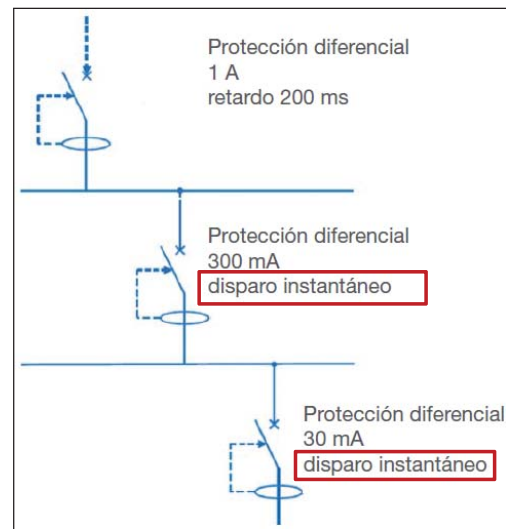
Selectividad de diferenciales



Emplear diferenciales Selectivos
(RBT: Retardo máximo de 1 s)



Selectividad Total



NO Selectividad Total

Solución Recomendada



Consultar tablas de selectividad
de fabricantes

Comprobación de la sección por cortocircuito

PROTECCIÓN: I. MAGNETOTÉRMICOS.

Consideraciones.

El dispositivo de protección debe abrir el circuito antes de que el conductor alcance la temperatura máxima de cortocircuito.

Expresión de cálculo.

$$I_{cc}^2 \cdot t \leq K^2 \cdot s^2$$

Energía pasante del
dispositivo



Energía soportada por el
conductor

Comprobación de la sección por cortocircuito

PROTECCIÓN: I. MAGNETOTÉRMICOS.

Tiempo que es capaz de soportar el conductor la I_{cc}



$$t \geq \frac{K^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

Para

$$t \geq 0,1 \text{ s}$$



Que garantizada la sección elegida UNE 20460 4/43

En caso contrario, se deberá comprobar mediante la curva de limitación térmica del dispositivo de protección

NOTA: Aunque la UNE establezca 0,1s, observando las curvas de los fabricantes, puede emplearse tiempos de 0,01s.

Comprobación de la sección por cortocircuito

- Determinación de la energía pasante ($A^2 \cdot s$).

$$I_{cc}^2 \cdot t$$



Datos fabricante

- Determinación de la energía soportada ($A^2 \cdot s$).

$$K^2 \cdot S^2$$

S = Sección del conductor (mm²).

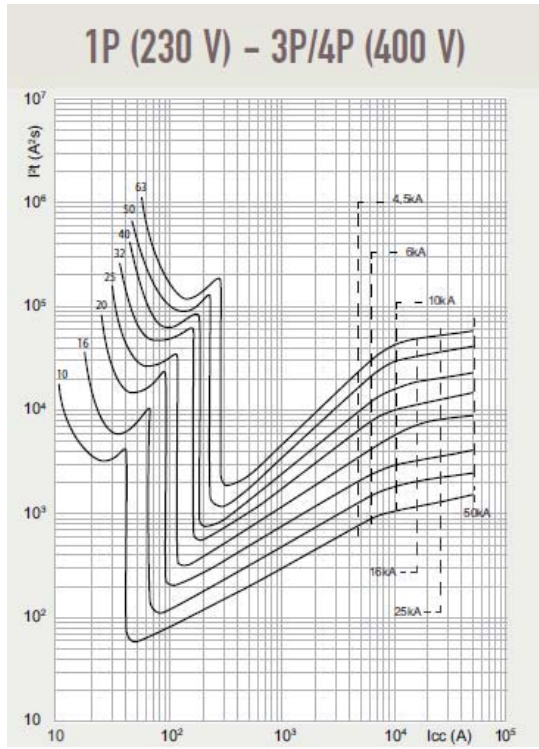
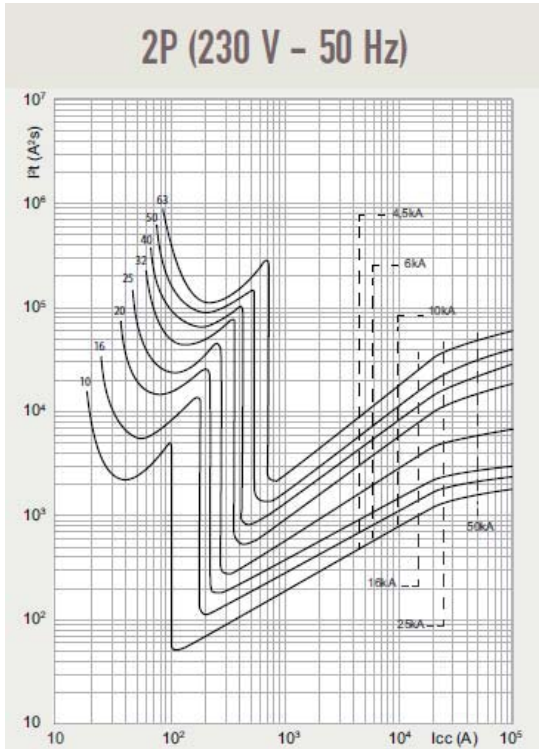
K = Constante del cable.

Valor (K)	PVC	XLPE / EPR
Cobre	115	135
Aluminio	74	87

Comprobación de la sección por cortocircuito

CURVAS DE LIMITACIÓN DE ESFUERZO TÉRMICO

Curva B

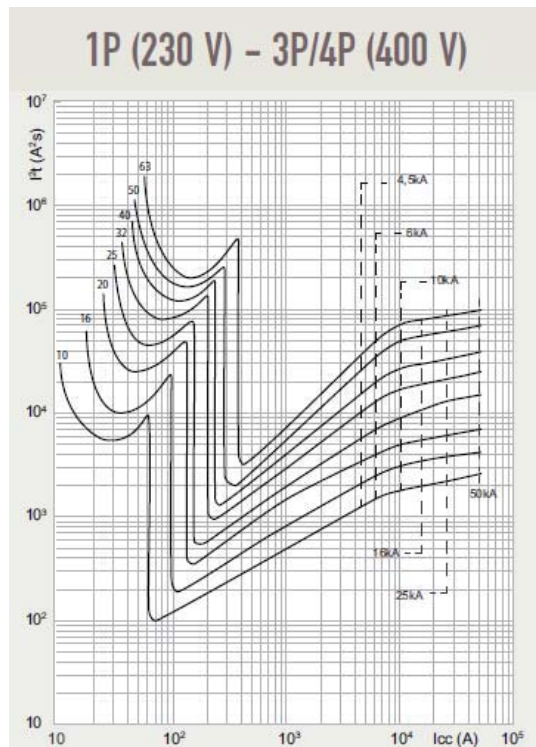
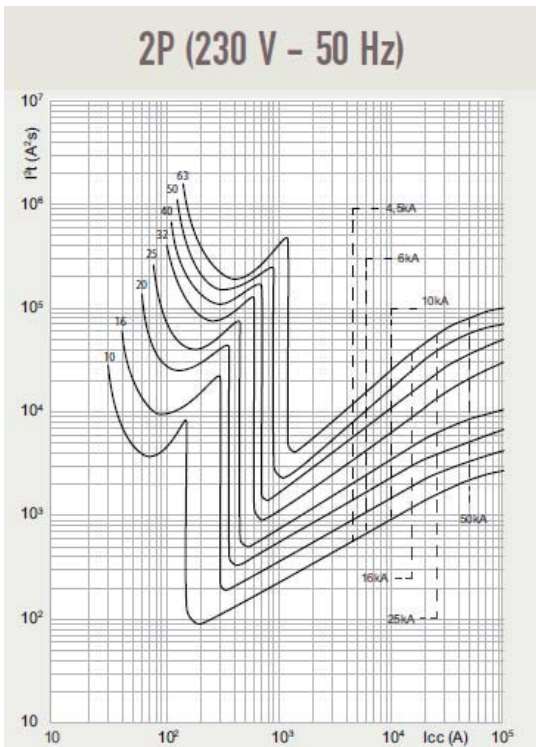


Magnetotérmico DX³
LEGRAND

Comprobación de la sección por cortocircuito

CURVAS DE LIMITACIÓN DE ESFUERZO TÉRMICO

Curva C

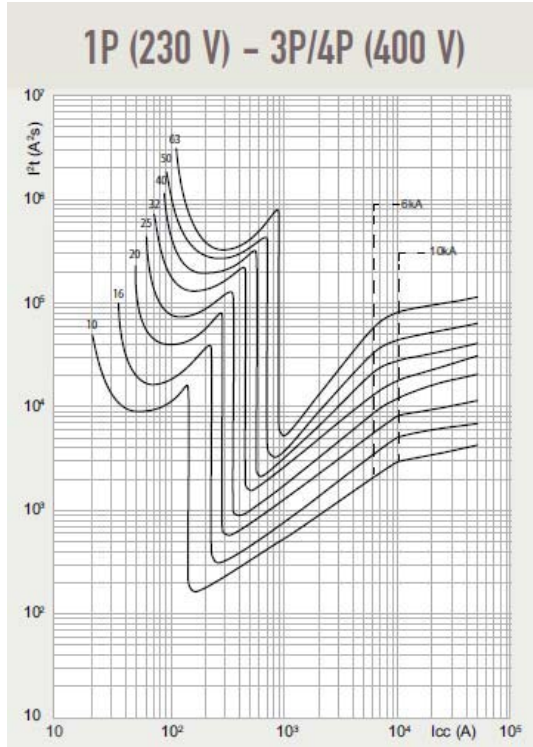
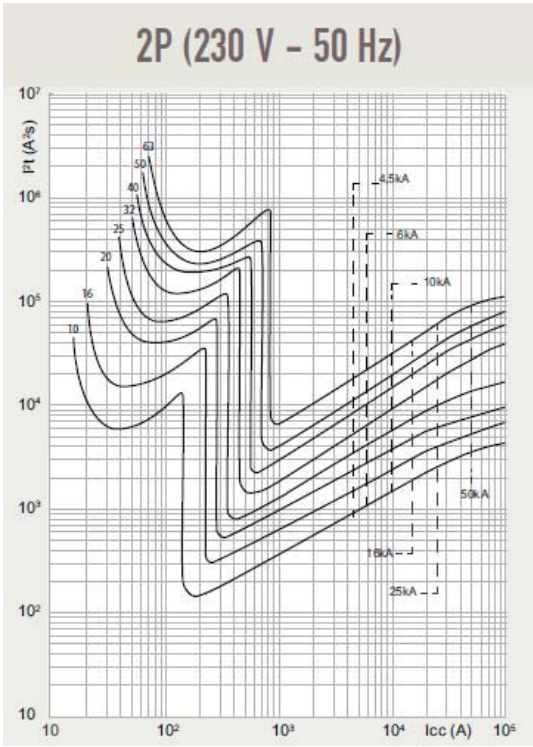


Magnetotérmico DX³
LEGRAND

Comprobación de la sección por cortocircuito

CURVAS DE LIMITACIÓN DE ESFUERZO TÉRMICO

Curva D

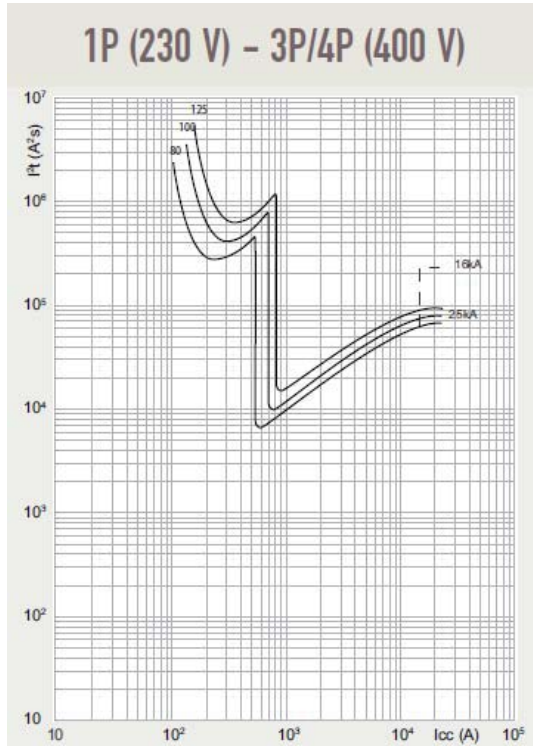
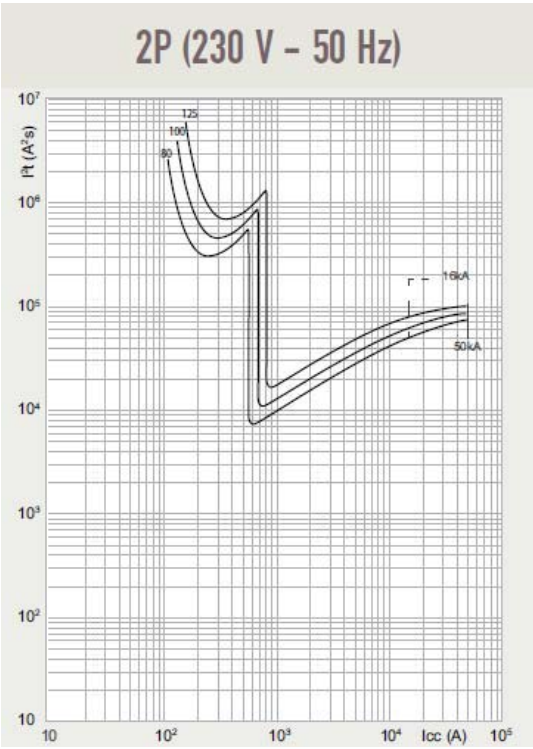


Magnetotérmico DX³
LEGRAND

Comprobación de la sección por cortocircuito

CURVAS DE LIMITACIÓN DE ESFUERZO TÉRMICO

Curva C

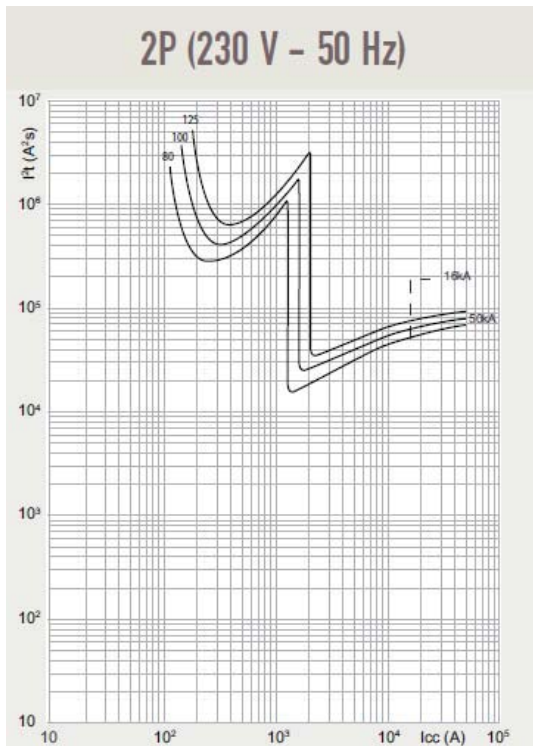


Magnetotérmico DX³
LEGRAND

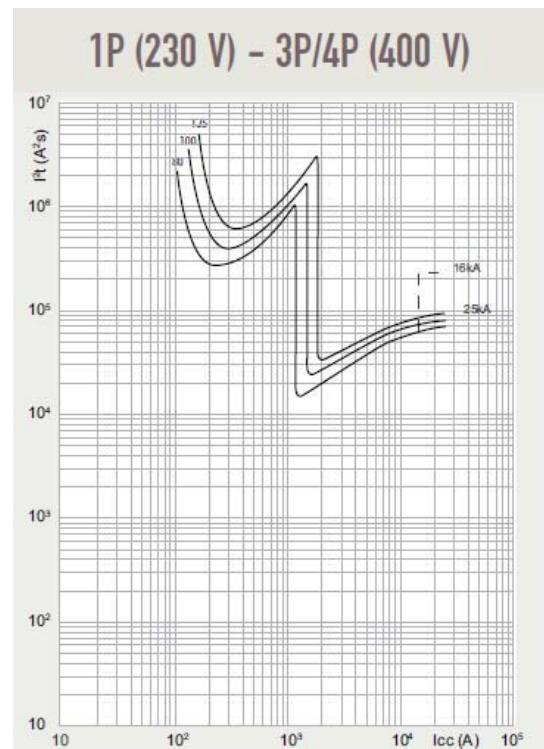
Comprobación de la sección por cortocircuito

CURVAS DE LIMITACIÓN DE ESFUERZO TÉRMICO

Curva D



Magnetotérmico DX³
LEGRAND



Comprobación de la sección por cortocircuito

PROTECCIÓN: FUSIBLES.

$$I_{\text{adm}}(5\text{s}) \geq I_{\text{Fus}}(5\text{s})$$

Intensidad máxima
admisible en el conductor
para t=5s

Donde:

$$I_{\text{adm}}(5\text{s}) = \sqrt{\frac{K^2 \cdot s^2}{5}}$$

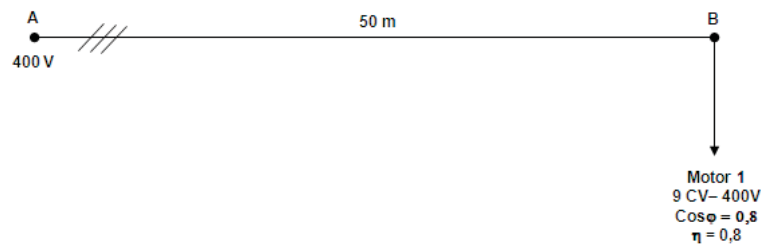
Ejercicios de aplicación

Ejercicio 1 de UD3

Partiendo para este ejercicio, de la sección calculada en la Unidad Didáctica N°3 y de las intensidades de cortocircuito calculadas en el tema anterior de esta Unidad Didáctica:

Se pide:

- 1) Determinar las características del interruptor magnetotérmico y del interruptor diferencial de protección de la línea.
- 2) Comprobar la sección por cortocircuito.



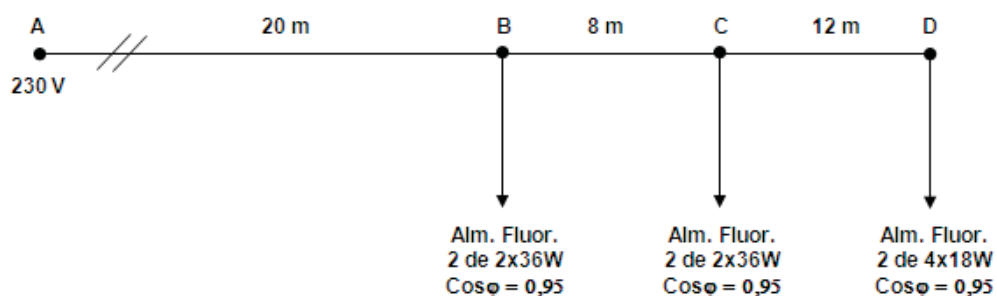
Ejercicios de aplicación

Ejercicio 2 de UD3

Partiendo para este ejercicio, de la sección calculada en la Unidad Didáctica N°3 y de las intensidades de cortocircuito calculadas en el tema anterior de esta Unidad Didáctica:

Se pide:

- 1) Determinar las características del interruptor magnetotérmico y del interruptor diferencial de protección de la línea.
- 2) Comprobar la sección por cortocircuito.



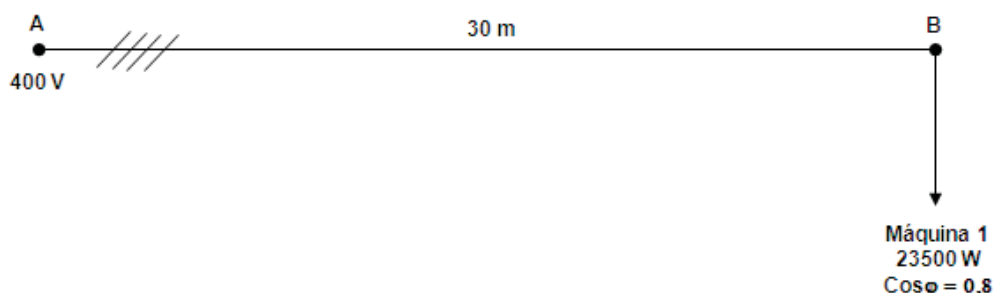
Ejercicios de aplicación

Ejercicio 5 de UD3

Partiendo para este ejercicio, de la sección calculada en la Unidad Didáctica N°3 y de las intensidades de cortocircuito calculadas en el tema anterior de esta Unidad Didáctica:

Se pide:

- 1) Determinar las características del interruptor magnetotérmico y del interruptor diferencial de protección de la línea.
- 2) Comprobar la sección por cortocircuito.



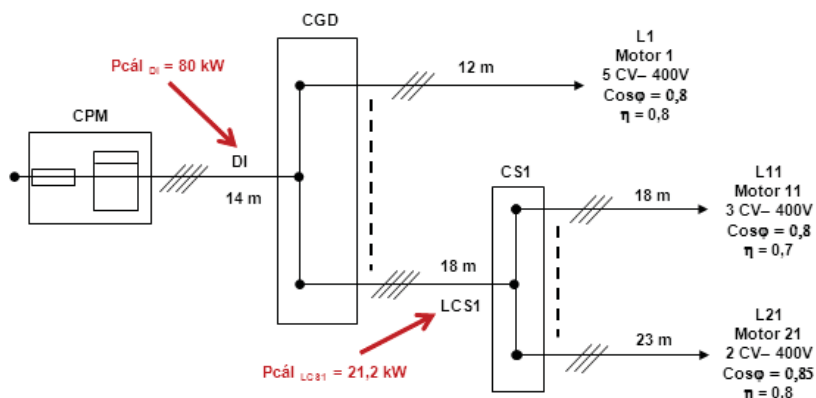
Ejercicios de aplicación

Ejercicio 9 de UD3

Partiendo para este ejercicio, de las secciones calculadas en la Unidad Didáctica N°3 y de las intensidades de cortocircuito calculadas en el tema anterior de esta Unidad Didáctica:

Se pide:

- 1) Determinar las características del fusible de la DI.
- 2) Determinar las características de los interruptores magnetotérmicos del CGD y CS1.
- 3) Comprobar las secciones por cortocircuito.
- 4) Proponer en clase la distribución de Interruptores Diferenciales y determinar sus características.



Unidad Didáctica 5

Instalaciones de puesta a tierra

Unidad Didáctica 5

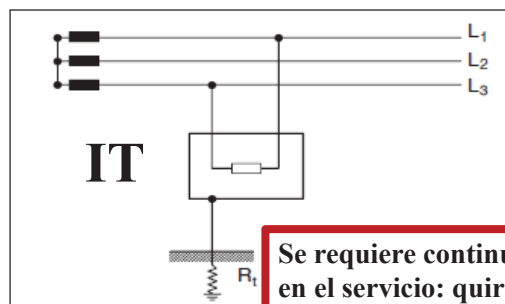
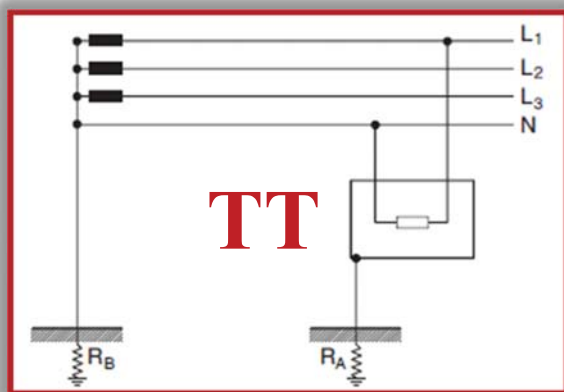
7

PUESTA A TIERRA

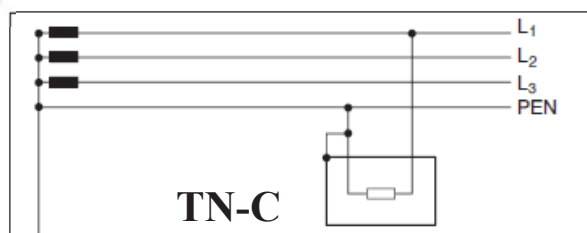
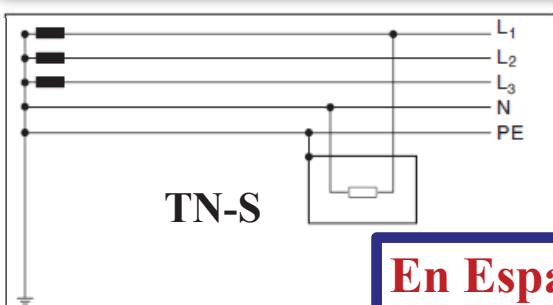
1. Introducción.
2. Composición de una instalación de puesta a tierra.
3. Cálculo de la resistencia de tierra.
4. Separación y unión de tomas de tierra.
5. Ejercicio de aplicación

Introducción

Sistemas de distribución permitidos por RBT (ITC BT 08)



Se requiere continuidad en el servicio: quirófanos, etc.



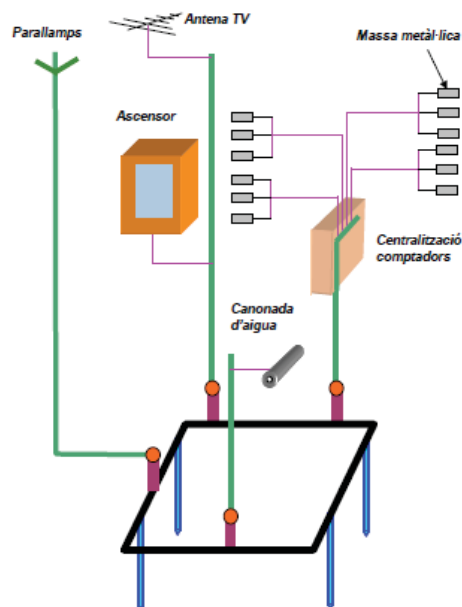
En España no se usa prácticamente

Introducción

Definición de la puesta o conexión a tierra.

ITC BT 18

Es la unión de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

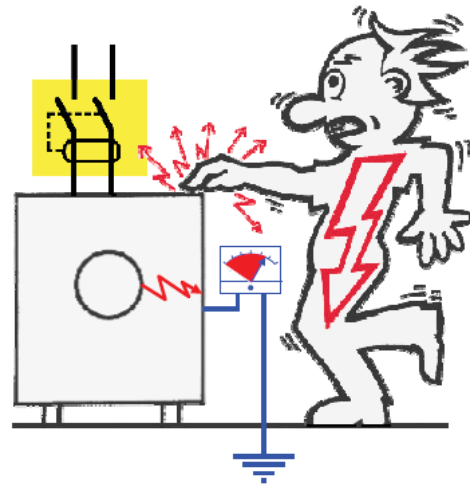


Introducción

Objetivos de la puesta a tierra

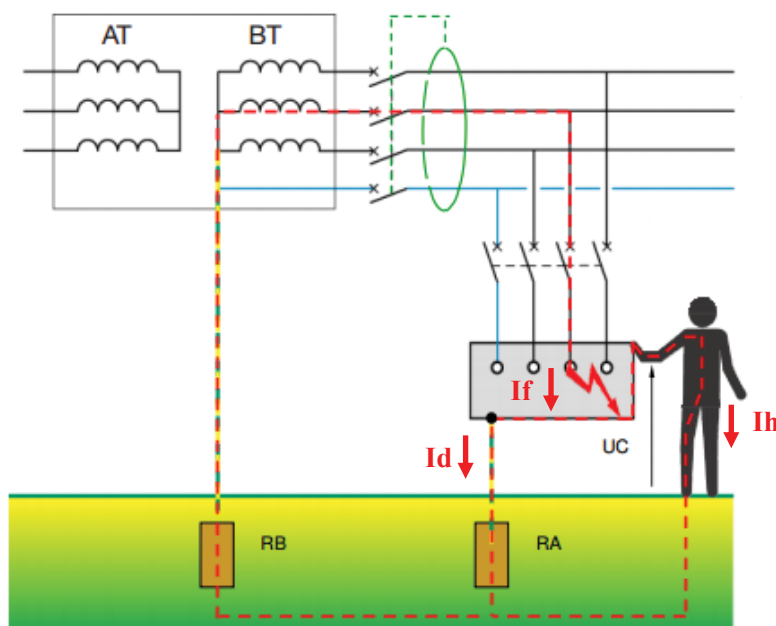
La finalidad principal de una puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar las masas metálicas en un momento dado, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos de la instalación.

- 50 V en locales secos.
- 24 V en viviendas y locales húmedos.

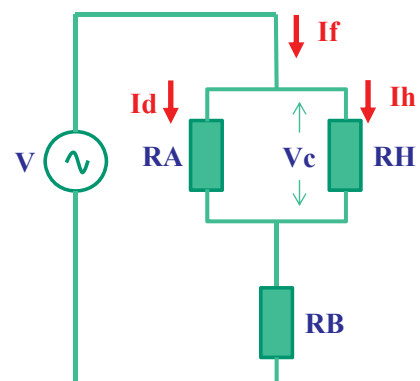


Protege tanto a los equipos como a las personas de diferencias de potencial peligrosas

Introducción



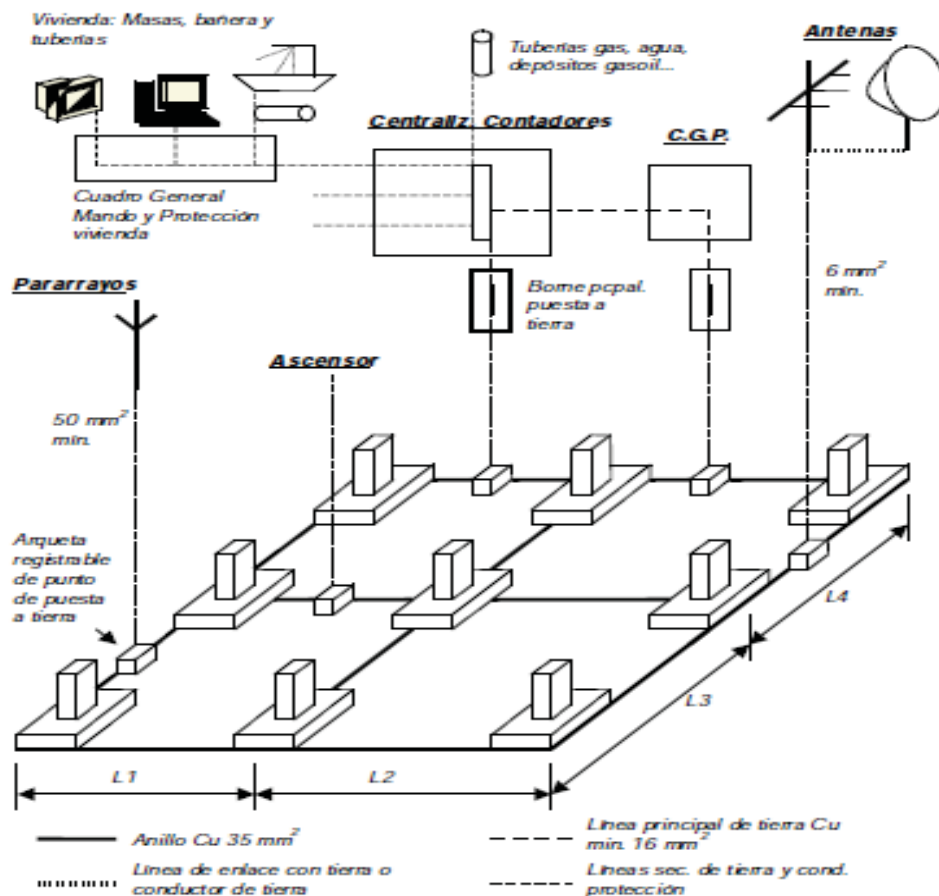
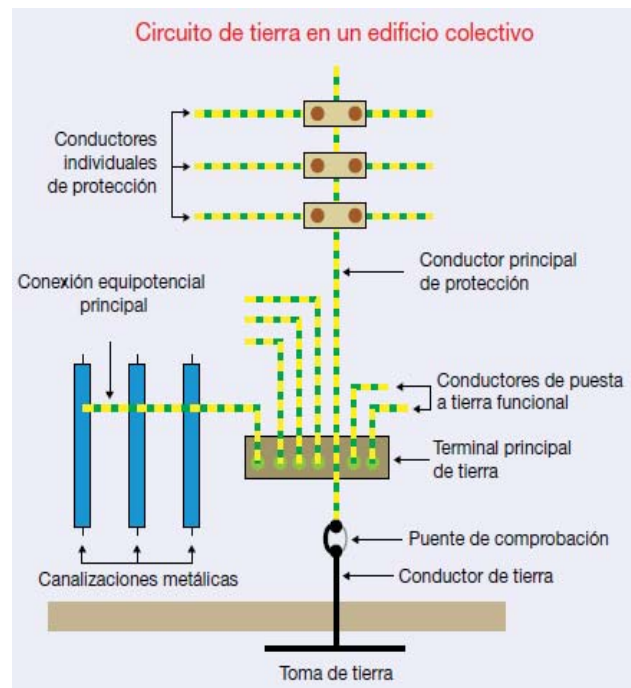
Esquema TT Uso de diferencias



Nota: Cuanto más pequeña sea RA, menor es Ih

Composición de una instalación de puesta a tierra

- ❑ Toma de Tierra.
- ❑ Conductor de tierra o línea de enlace con la toma de tierra.
- ❑ Bornes de puesta a tierra.
- ❑ Conductores de protección.
- ❑ Conductores equipotenciales.



Composición de una instalación de puesta a tierra

Toma de tierra

Tipos de Electrodo

Picas y tubos



Pletinas y conductores desnudos



Placas



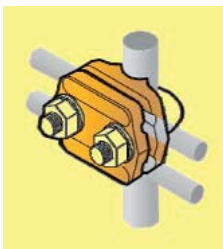
Mallas



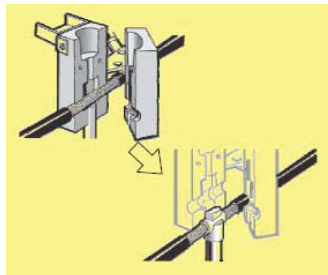
Composición de una instalación de puesta a tierra

Uniones a tierra

Grapa de conexión



Soldadura Aluminotérmica



Soldadura autógena



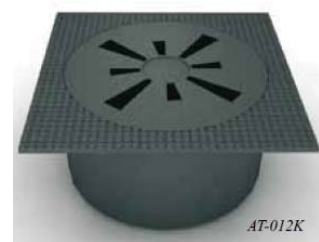
Arquetas de conexión



Polipropileno



Hormigón

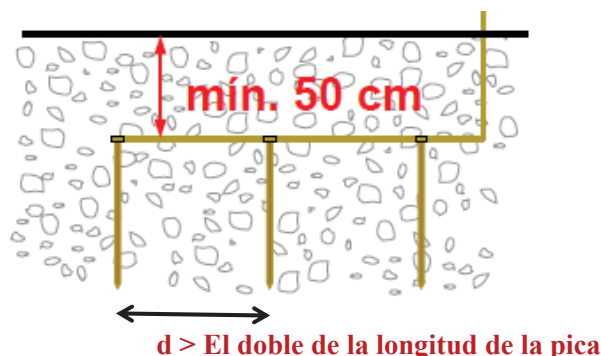


Hierro Fundido

Composición de una instalación de puesta a tierra

Consideraciones a tener en cuenta

Las tomas de tierra se enterrarán a una profundidad que impida la pérdida de humedad y que los efectos climáticos (hielo) no puedan causar un aumento de la resistencia. En cualquier caso la profundidad **nunca será inferior a 0.5m**



Guía Técnica de Aplicación ITC BT 18

En los lugares donde exista **riesgo de continuas nevadas**, la profundidad será como mínimo de **0.8 m**.

Composición de una instalación de puesta a tierra

Consideraciones a tener en cuenta

Los **materiales** utilizados estarán **protegidos contra la corrosión**. Debe cuidarse en el proceso de instalación no dañar dicha protección.

Por seguridad, las **canalizaciones metálicas de otros servicios** (agua, gas, calefacción, etc.) **NO SE PUEDEN UTILIZAR** como puesta a tierra.

ITC BT 26



Tal como se especifica en la ITC-BT-26 “Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación” en viviendas, oficinas, locales comerciales y otros se **exige que la puesta a tierra forme un ANILLO CERRADO QUE ENVUELVA EL PERÍMETRO DEL EDIFICIO** con electrodos verticales hincados cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia a tierra.

En otros, casos no contemplados en la ITC-BT-26 se recomienda también la utilización de esta disposición constructiva.

Las dimensiones mínimas recomendadas para los electrodos de puesta a tierra se encuentran en la tabla que muestra la siguiente transparencia.

Composición de una instalación de puesta a tierra

Consideraciones a tener en cuenta

Las dimensiones mínimas recomendadas para los electrodos de puesta a tierra son las siguientes (ITC BT 26):

Tipo de electrodo		Dimensión mínima
Picas	barras	$\varnothing \geq 14,2 \text{ mm}$ (acero-cobre 250μ) $\varnothing \geq 20 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
	perfiles	Espesor $\geq 5 \text{ mm}$ y Sección $\geq 350 \text{ mm}^2$
	tubos	$\varnothing_{ext} \geq 30 \text{ mm}$ y Espesor $\geq 3 \text{ mm}$
Placas	rectangular	$1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
	cuadrada	$1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78μ)
Conductor desnudo		35 mm^2 (cobre)

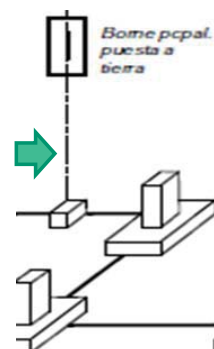
Composición de una instalación de puesta a tierra

Conductores de tierra o línea de enlace con tierra

Se conoce como línea de enlace o conductores de tierra a los que conectan al conjunto de electrodos o anillo con el borne principal o punto de puesta a tierra.

Línea de enlace con tierra

Secciones mínimas de los conductores con tierra



Tipo	Protegido mecánicamente	Sin protección
Protegido contra la corrosión*	Según Tabla de secciones de conductores de protección	Cobre: 16 mm^2 Acero galvanizado: 16 mm^2
No protegido contra la corrosión	Cobre: 25 mm^2 Hierro: 50 mm^2	

No obstante se recomienda 35 mm^2 en Cobre (Guía BT 18)

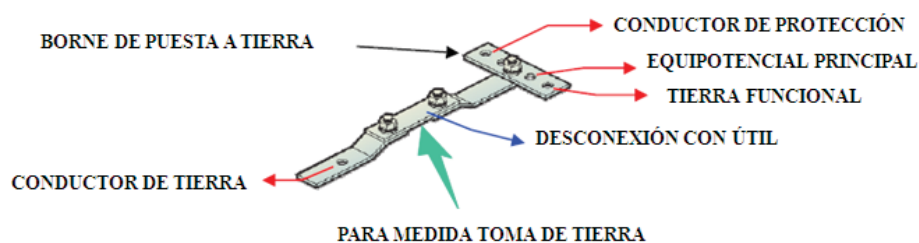
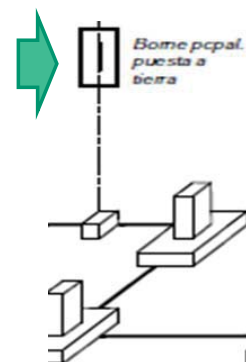
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante envolvente.

Composición de una instalación de puesta a tierra

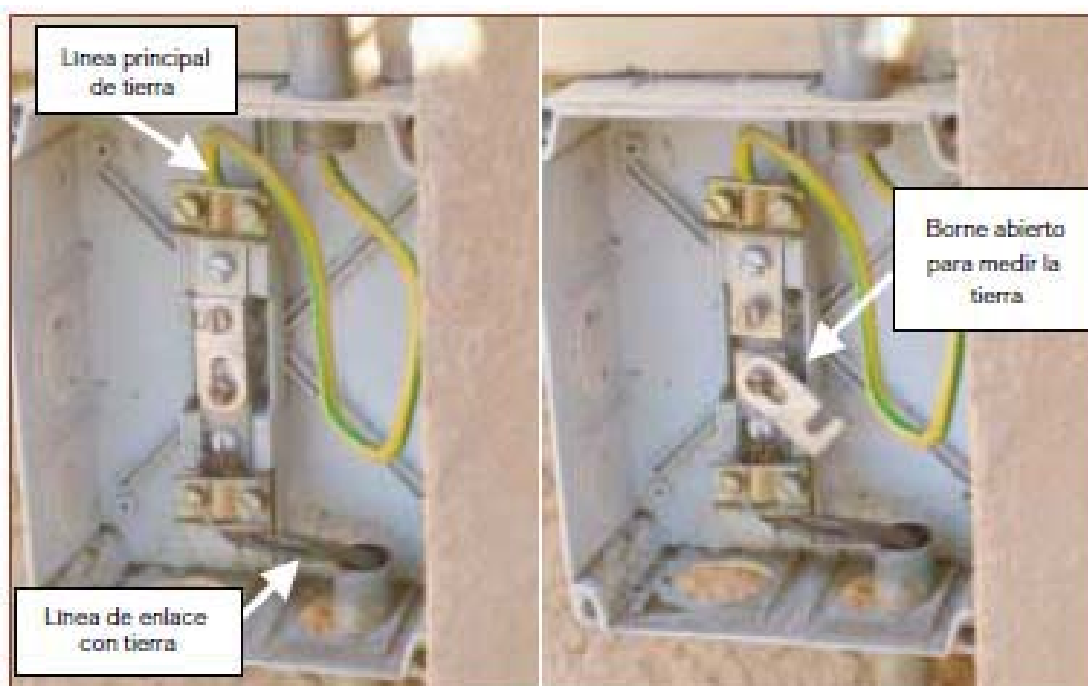
Borne principal de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los siguientes conductores:

- La línea de enlace con tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional o de servicio, si son necesarios. Su objetivo no garantizar la seguridad, se utiliza para garantizar un valor de referencia para el funcionamiento adecuado de determinados equipos (Puesta a tierra del neutro, central de telecomunicaciones, etc.)



Composición de una instalación de puesta a tierra



Composición de una instalación de puesta a tierra

Conductores de protección

Los conductores de protección unen las masas de una instalación y los elementos metálicos que puedan existir con las líneas de tierra. Se utilizan para la protección de contactos indirectos.

Secciones mínimas de los conductores de protección

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

(*) Con un mínimo de:
2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica
4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Composición de una instalación de puesta a tierra

Los valores de la tabla son validos si el conductor de protección es del mismo material que los activos. Si no es así, habrá que elegir una sección que tenga los mismos valores equivalentes de conductividad. **En VIVIENDAS, siempre COBRE.**

Cuando un conductor de protección sea común a varios circuitos, será igual a la sección de la fase más grande.

Conductores de cables multiconductores



Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los activos



Conductores unipolares desnudos o aislados.

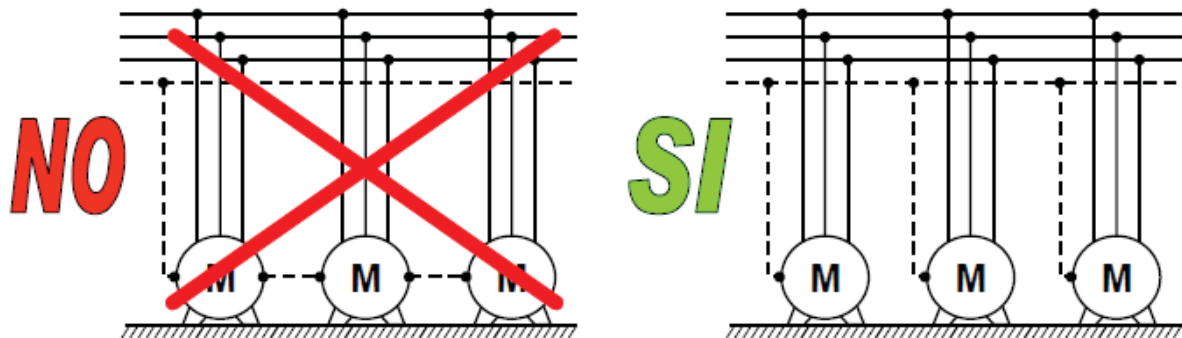


Composición de una instalación de puesta a tierra

Los conductores de protección estarán debidamente protegidos **contra esfuerzos mecánicos, riesgos químicos, etc.**

No pueden haber ningún aparato de corte en el conductor de protección, pero si conexiones desmontables mediante útiles.

Las masas de los aparatos que se deben unir al conductor de protección **no pueden estar conectadas en serie.**



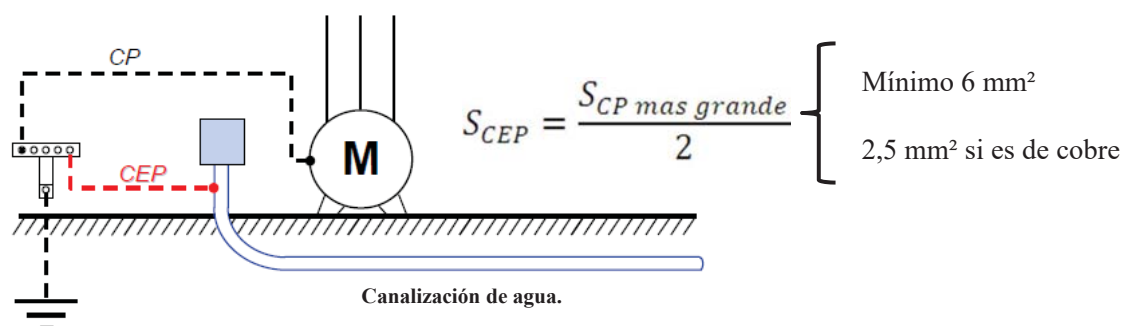
Composición de una instalación de puesta a tierra

Conductores de equipotencialidad

Son aquellos que conectan eléctricamente todas las masas metálicas de la estructura de un edificio o de un recinto, con el fin de evitar diferencias de potencial entre ellas.

Conductor principal de equipotencialidad

La sección del conductor equipotencial principal no será inferior a la mitad del conductor de protección principal mas grande, **con un mínimo de 6 mm²**. No obstante, **si es de cobre, la sección puede reducirse a un mínimo de 2.5 mm²**



Composición de una instalación de puesta a tierra

Conductores de equipotencialidad complementarios

Son los conductores que unen el resto de masas metálicas de la vivienda o local a los conductores de protección. **La sección de los estos conductores no serán inferiores a la mitad de la utilizada para el conductor de protección con el que se une.**

$$S_{CES} \geq \frac{S_{CP}}{2}$$



Cálculo de la resistencia de tierra

Como ya se ha indicado anteriormente, el valor de la resistencia de tierra ha de ser tal que ninguna masa puede tener una tensión respecto a tierra mayor de:

- 24 V. en local o emplazamiento conductor.
- 50 V. en los demás casos.

Esto implica que:

$$R_A \cdot I_a < U$$

Siendo:

R_A = La suma total de la resistencia de la toma de tierra.

I_a = La intensidad máxima de defecto a tierra.

U = Tensión de contacto límite convencional.

Cálculo de la resistencia de tierra

Los diferenciales instalados con el fin de proteger a las personas disponen de una sensibilidad de:

- 30 mA en viviendas.
- 30 mA y 300 mA en industrias general.

Por lo tanto, los valores máximos admisibles de resistencia de puesta a tierra total serán los especificados en la tabla siguiente.

	10 mA	30 mA	300 mA	500 mA
Local seco	5000 Ω	1666.6 Ω	166.6 Ω	100 Ω
Local conductor	2400 Ω	800 Ω	80 Ω	48 Ω

Estos valores son muy elevados en general, y se consiguen fácilmente. Normalmente **hay que obtener valores más pequeños.**

Guía Técnica ITC 26 { R<15 Ω Edificios con parrarayos
R<37 Ω Edificios sin parrarayos

Reglamento de infraestructuras comunes de Telecomunicación en Edificios { R<10 Ω

Cálculo de la resistencia de tierra

Expresiones de cálculo de la resistencia de tierra

RESISTENCIA DEL TIERRA DEL ELECTRODO	
TIPO DE ELECTRODO	RESISTENCIA ÓHMIO(Ω)
PICA VERTICAL	$R = \frac{\rho}{L}$
CONDUCTOR ENTERRADO HORIZONTALMENTE	$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L}$
PLACA ENTERRADA PROFUNDAMENTE (POSICIÓN VERTICAL)	$R = 0,8 \cdot \frac{P}{L}$
PLACA ENTERRADA SUPERFICIALMENTE (POSICIÓN HORIZONTAL)	$R = 1,6 \cdot \frac{P}{L}$
MALLA DE TIERRA	$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$

Leyenda

R	Resistencia de tierra del electrodo
ρ	Resistividad del terreno en Ω·m
P	Perímetro de la placa en m
L	Longitud en metros de la pica o del conductor, en malla la longitud total de los conductores enterrados.
r	Radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

Cálculo de la resistencia de tierra

Resistividad del terreno

Valores orientativos de la resistividad del terreno (ITC BT 18)

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohmios · metro
Pantanosos	Menor de 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Cálculo de la resistencia de tierra

Resistividad del terreno

Valores medios aproximados de la resistividad del terreno (ITC BT 18)

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad (ρ) en ohmios · metro
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Uso combinado de conductor enterrado y picas (Solución aproximada)

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t_anillo}} + \frac{1}{R_{t_picas}} \quad \rightarrow \quad \text{Conexión de tierras en paralelo}$$

Cálculo de la resistencia de tierra

Consideraciones a tener en cuenta

Pica vertical

Cuando existen varias picas en paralelo, la separación entre ellas será como mínimo el doble de la longitud de la pica (Se recomienda 4 veces la longitud).

Conductores enterrados

La colocación de conductores en trazado sinuoso dentro de la zanja no mejora la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

En la práctica, estos conductores se colocan de dos maneras diferentes:

- ❑ Electrodos de puesta a tierra en los cimientos del edificio: estos electrodos se instalan embebidos en los cimientos y están constituidos por un bucle alrededor del perímetro del edificio.
- ❑ Zanjas horizontales: los conductores están enterrados a una **profundidad aproximada de 0,8 m** en zanjas excavadas para tal efecto.

Separación y unión de tomas de tierra

PROBLEMA



Un defecto a tierra en la lado de AT del Centro de Transformación puede provocar tensiones transferidas peligrosas en las instalaciones de BT. Su duración será como máximo de decenas de segundos (depende del tiempo máximo en el que sería despejado el defecto (Facilitado por Compañía).

¿Qué tierras hay que tener en cuenta?

- **TIERRA DE PROTECCIÓN del CT:**
Puesta a tierra de las masas del CT.
- **TIERRA DE SERVICIO del CT:**
Puesta a tierra del neutro del CT.
- **TIERRA DE LA INSTALACIÓN DE BT:**
Puesta a tierra de la instalación en BT.

Separación y unión de tomas de tierra

¿Situaciones a tener en cuenta?

- ❑ Válido para el **Esquema TT**.
- ❑ La Tierra de Servicio del CT (Neutro del CT) y la Tierra de las instalaciones de BT, **NO PUEDEN UNIRSE**.
➡ **TIERRAS INDEPENDIENTES**
- ❑ La Tierra de Protección del CT (Masas de AT) y la Tierra de Servicio del CT (Puesta de Neutro), **PUEDEN UNIRSE** si se cumplen las condiciones MIE RAT 13). **No se estudia en esta asignatura**.
- ❑ La Tierra de Protección del CT (Masas de AT) y la Tierra de las instalaciones de BT, **PUEDEN UNIRSE** si no se han unido las Tierras de Protección y Servicio del CT. Evidentemente, deben cumplirse las condiciones establecidas en (ITC BT 018).

Separación y unión de tomas de tierra

Tomas de tierra independientes

Según ITC BT 18, dos tierras son independientes cuando una de ellas no alcance, respecto a un potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

En la Guía Técnica BT 18, se indican los pasos para realizar esta medida.

Si no se hace esta medida de tierras independientes, se considera que son independientes cuando se cumplen todas estas condiciones:

- 1) No existe canalización metálica (canalizaciones de agua, gas, etc.) entre la zona de tierras del CT y las instalaciones de BT.
- 2) El CT está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien, si está contiguo o en el interior de los locales, los elementos metálicos del CT no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Separación y unión de tomas de tierra

- La distancia entre la toma de tierra del CT y la toma de tierra de las instalaciones de BT será como mínimo de 15 m para terrenos cuya resistividad sea pequeña ($<100 \Omega \cdot m$). Para resistividades superiores aplicar la siguiente expresión:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot U}$$

Siendo:

- D: Distancia mínima entre las tomas de tierra (m).
- ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$).
- I_d : Intensidad de defecto a tierra (A) en el lado de AT (Dato suministrado por la compañía). Para Iberdrola, es usual 500 A.
- U: 1200 V para sistemas de distribución TT.

Separación y unión de tomas de tierra

Posibilidad de unir la tierra de las masas del CT y la tierra de la instalación de BT

NOTA: Intentar separar las tierras siempre que sea posible.



Siendo:

- V_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible.
- I_d : Intensidad de defecto a tierra (A) en el lado de AT (Dato suministrado por la compañía). En Iberdrola, es usual 500 A aunque depende del tipo de puesta a tierra en MT.
- R_t : Resistencia conjunta de las masas del CT y la instalación BT.
- t: tiempo máximo de duración del defecto en AT (Dato suministrado por la compañía. En Iberdrola, dan " $I_d \cdot t = 400$ " para redes de hasta 20 KV.

Según ITC BT 018 y ITC RAT 13 (2014)

Separación y unión de tomas de tierra

Tabla 1. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

ITC RAT 13 (2014)

$$Rt = \frac{V_{ca}}{I_d} = \frac{204}{500} = 0,41 \Omega \rightarrow \text{Difícil de conseguir}$$

Ejercicios de aplicación

Ejercicio 1

La Figura muestra la distribución en planta de la cimentación de un edificio. En ella, con línea de trazo rojo, se ha dibujado el trazado del conductor de 35 mm² de cobre desnudo que comprende la toma de tierra de la edificación.

Sabiendo que la resistividad del terreno es de 400 $\Omega \cdot m$:

- 1) Calcular el valor de la resistencia de tierra considerando este electrodo.

