

**ANEXO****MEDIOS TÉCNICOS MÍNIMOS REQUERIDOS PARA LA VERIFICACIÓN O INSPECCIÓN DE LINEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN****1. MEDIOS TÉCNICOS****1.1 Equipos.**

En este apartado se detallan los equipos de medida y ensayo mínimos. Para ciertas verificaciones que requieran equipos y medios especiales, los ensayos y medidas podrán ser subcontratados a laboratorios acreditados según la UNE-EN-ISO/IEC 17025.

## 1.1.1 Telurómetro

## 1.1.2 Medidor de aislamiento de, al menos, 10 kV.

## 1.1.3 Pértiga detectora de la tensión correspondiente a la categoría solicitada.

## 1.1.4 Multímetro o tenaza, para las siguientes magnitudes.

## a) Tensión alterna y continua hasta 500 V.

## b) Intensidad alterna y continua hasta 20 A.

## c) Resistencia.

## 1.1.5 Ohmímetro con fuente de intensidad de continua de 50 A.

## 1.1.6 Medidor de tensiones de paso y contacto con fuente de intensidad de 50 A como mínimo.

## 1.1.7 Cámara termográfica.

## 1.1.8 Equipo verificador de la continuidad de conductores.

## 1.1.9 Prismáticos de, al menos, 8 aumentos.

Los equipos se mantendrán en correcto estado de funcionamiento y calibración. Cuando se subcontraten ensayos y medidas especiales, el agente encargado de la verificación o inspección comprobará el correcto estado de calibración de los equipos.

**1.2 Equipos y medios de protección individual.**

Estarán de acuerdo con la normativa vigente y las necesidades de la instalación.

**Instrucción Técnica Complementaria  
ITC-LAT 06****LÍNEAS SUBTERRANEAS CON CABLES AISLADOS****0. INDICE**

1. PRESCRIPCIONES GENERALES
2. NIVELES DE AISLAMIENTO
3. MATERIALES: CABLES Y ACCESORIOS
4. INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS
5. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS
6. INTENSIDADES ADMISIBLES
7. PROTECCIONES
8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

**1. PRESCRIPCIONES GENERALES****1.1 Campo de aplicación**

La presente instrucción será de aplicación a todas las líneas eléctricas subterráneas y a cualquier tipo de instalación distinta de las líneas aéreas, por ejemplo en galerías, en bandejas en el interior de edificios, en fondos acuáticos, etc. Los cables serán aislados, de tensión asignada superior a 1 kV, y el régimen de funcionamiento de las líneas se preverá para corriente alterna trifásica de 50 Hz de frecuencia.

**1.2 Tensiones nominales normalizadas**

En la tabla siguiente se indican las tensiones nominales normalizadas en redes trifásicas.

**Tabla 1. Tensiones nominales normalizadas**

| TENSIÓN NOMINAL<br>DE LA RED ( $U_n$ )<br>kV | TENSIÓN MAS ELEVADA<br>DE LA RED ( $U_s$ )<br>kV |
|--|--|
| 3  | 3,6  |
| 6  | 7,2  |
| 10   | 12   |
| 15   | 17,5   |
| 20*  | 24   |
| 25   | 30   |
| 30   | 36   |
| 45   | 52   |
| 66*  | 72,5   |
| 110  | 123  |
| 132*   | 145  |
| 150  | 170  |
| 220*   | 245  |
| 400*   | 420  |

\* Tensiones de uso preferente en redes eléctricas de transporte y distribución.

### 1.3 Tensiones nominales no normalizadas

Existiendo en el territorio español redes a tensiones nominales diferentes de las que como normalizadas figuran en el apartado anterior, se admite su utilización dentro de los sistemas a que correspondan.

## 2. NIVELES DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios de alta tensión (A.T.) deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE 20435-1 y UNE-EN 60071-1, salvo en casos especiales debidamente justificados por el proyectista de la instalación.

### 2.1 Categorías de las redes

Según la duración máxima de un eventual funcionamiento con una fase a tierra, que el sistema de puesta a tierra permita, las redes se clasifican en tres categorías:

Categoría A:

Los defectos a tierra se eliminan tan rápidamente como sea posible y en cualquier caso antes de 1 minuto.

Categoría B:

Comprende las redes que, en caso de defecto, sólo funcionan con una fase a tierra durante un tiempo limitado. Generalmente la duración de este funcionamiento no debería exceder de 1 hora, pero podrá admitirse una duración mayor cuando así se especifique en la norma particular del tipo de cable y accesorios considerados.

Conviene tener presente que en una red en la que un defecto a tierra no se elimina automática y rápidamente, los esfuerzos suplementarios soportados por el aislamiento de los cables y accesorios durante el defecto, reducen la vida de los cables y accesorios en una cierta proporción. Si se prevé que una red va a funcionar bastante frecuentemente con un defecto a tierra durante largos periodos, puede ser económico clasificar dicha red dentro de la categoría C.

Categoría C:

Esta categoría comprende todas las redes no incluidas en la categoría A ni en la categoría B.

### 2.2 Tensiones asignadas del cable y sus accesorios

Los cables y sus accesorios deberán designarse mediante  $U_o/U$  para proporcionar información sobre la adaptación con la aparamenta y los transformadores. A cada valor de  $U_o/U$  le corresponde una tensión soportada nominal a los impulsos de tipo rayo  $U_p$ .

La tensión asignada del cable  $U_o/U$  se elegirá en función de la tensión nominal de la red ( $U_n$ ), o tensión más elevada de la red ( $U_s$ ), y de la duración máxima del eventual funcionamiento del sistema con una fase a tierra (categoría de la red), tal y como se especifica en la tabla 2.

**Tabla 2. Niveles de aislamiento de los cables y sus accesorios**

| Tensión nominal de la red $U_n$<br>kV | Tensión más elevada de la red $U_s$<br>kV | Categoría de la red | Características mínimas del cable y accesorios |             |
|---------------------------------------|---|---------------------|--|-------------|
|                                       |   |                     | $U_0/U_1$ ó $U_0$<br>kV                        | $U_p$<br>Kv |
| 3                                     | 3,6                                       | A-B                 | 1,8/3  | 45          |
|                                       |   | C                   | 3,6/6  | 60          |
| 6                                     | 7,2                                       | A-B                 |  |             |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 10                                    | 12  | A-B                 | 8,7/15   | 95          |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 15                                    | 17,5                                      | A-B                 | 12/20  | 125         |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 20                                    | 24  | A-B                 | 15/25  | 145         |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 25                                    | 30  | A-B                 | 18/30  | 170         |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 30                                    | 36  | A-B                 | 26/45  | 250         |
|                                       |   | C                   |  |             |
| 45                                    | 52  | A-B                 | 36   | (1)         |
| 66                                    | 72,5                                      | A-B                 | 64   | (1)         |
| 110                                   | 123                                       | A-B                 | 76   | (1)         |
| 132                                   | 145                                       | A-B                 | 87   | (1)         |
| 150                                   | 170                                       | A-B                 | 127  | (1)         |
| 220                                   | 245                                       | A-B                 | 220  | (1)         |
| 400                                   | 420                                       | A-B                 |  | (1)         |

(1) El nivel de aislamiento a impulsos tipo rayo se determinará conforme a los criterios de coordinación de aislamiento establecidos en la norma UNE-EN 60071-1.

Donde:

$U_0$ : Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial entre cada conductor y la pantalla del cable, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

$U$ : Tensión asignada eficaz a frecuencia industrial entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.

Nota: Esta magnitud afecta al diseño de cables de campo no radial y a sus accesorios.

$U_p$ : Valor de cresta de la tensión soportada a impulsos de tipo rayo aplicada entre cada conductor y la pantalla o la cubierta para el que se ha diseñado el cable o los accesorios.

### 3. MATERIALES: CABLES Y ACCESORIOS

#### 3.1 Condiciones generales

Los materiales y su montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables de entre las incluidas en la ITC-LAT 02 y demás normas y especificaciones técnicas aplicables.

En el caso de que no exista norma UNE, se utilizarán las Normas Europeas (EN o HD) correspondientes y, en su defecto, se recomienda utilizar la publicación CEI correspondiente (Comisión Electrotécnica Internacional).

#### 3.2 Cables

Los cables utilizados en las redes subterráneas tendrán los conductores de cobre o de aluminio y estarán aislados con materiales adecuados a las condiciones de instalación y explotación manteniendo, con carácter general, el mismo tipo de aislamiento de los cables de la red a la que se conecten. Estarán debidamente apantallados, y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas, y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación y tendido y las habituales después de la instalación. Se exceptúan las agresiones mecánicas procedentes de maquinaria de obra pública como excavadoras, perforadoras o incluso picos. Podrán ser unipolares o tripolares.

#### 3.3 Accesorios

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los accesorios deberán ser asimismo adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.).

## 4. INSTALACIÓN DE CABLES AISLADOS

Lo indicado en este apartado es válido para instalaciones cuya tensión nominal de la red no sea superior a 30 kV. Para tensiones mayores, el proyectista determinará y justificará en cada caso las condiciones de instalación y distancias.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público en suelo urbano o en curso de urbanización que tenga las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización (alineaciones y rasantes), preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo, deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que pueden soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto deberá contactarse con las empresas de servicio público y con las posibles propietarias de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocidas, antes de proceder a la apertura de las zanjas, la empresa instaladora abrirá calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto. La apertura de calas de reconocimiento se podrá sustituir por el empleo de quipos de detección, como el georradar, que permitan contrastar los planos aportados por las compañías de servicio y al mismo tiempo prevenir situaciones de riesgo.

Los cables podrán instalarse en las formas que se indican a continuación.

### 4.1 Directamente enterrados

La profundidad, hasta la parte superior del cable más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o tierra, ni de 0,8 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando las condiciones que se establecen en el capítulo 5 así lo exijan.

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico de A.T. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

### 4.2 En canalización entubada

La profundidad, hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada.

Estarán construidas por tubos de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos, hormigonadas en la zanja o no, con tal que presenten suficiente resistencia mecánica. El diámetro interior de los tubos no será inferior a vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo tubo. El interior de los tubos será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. No se instalará más de un circuito por tubo. Si se instala un solo cable unipolar por tubo, los tubos deberán ser de material no ferromagnético.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los cables. En los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables podrán disponerse arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el apartado anterior, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

### 4.3 En galerías

Pueden diferenciarse dos tipos de galería, la galería visitable, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personal, y la galería o zanja registrable, en la que no está prevista la circulación de personal y las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tráfico que corresponda.

Las paredes han de permitir una sujeción segura de las estructuras soportes de los cables, así como permitir en caso necesario la fijación de los medios de tendido del cable.

#### 4.3.1 Galerías visitables

##### *Limitación de servicios existentes*

Las galerías visitables se usarán preferentemente sólo para instalaciones eléctricas de potencia y cables de control y comunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas o líquidos inflamables.

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones, siendo condición indispensable que la galería tenga un desagüe situado por encima de la cota de alcantarillado o de la canalización de saneamiento en que evacua.

#### *Condiciones generales*

Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,90 metros de anchura mínima y 2 metros de altura mínima, debiéndose justificar las excepciones puntuales. En los puntos singulares, entronques, pasos especiales, accesos de personal, etc., se estudiarán tanto el correcto paso de las canalizaciones, como la seguridad de circulación del personal.

Los accesos a la galería deben quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida al personal que esté en su interior. Para evitar la existencia de tramos de galería con una sola salida, deben disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.

La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueva, a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. Esta temperatura no sobrepasará los 40 °C. Cuando la temperatura ambiente no permita cumplir este requisito, la temperatura en el interior de la galería no será superior a 50 °C, lo cual se tendrá en cuenta para determinar la intensidad admisible en servicio permanente del cable.

Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.

Las empresas utilizadoras tomarán las medidas oportunas para evitar la presencia de roedores en las galerías.

#### *Galerías de longitud superior a 400 metros*

Las galerías de longitud superior a 400 metros, además de las disposiciones anteriores dispondrán de iluminación fija, de instalaciones fijas de detección de gas (con sensibilidad mínima de 300 ppm), de accesos de personal cada 400 metros como máximo, alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores, tabiques de sectorización contra incendios (RF120) con puertas cortafuegos (RF 90) cada 1.000 metros como máximo y las medidas oportunas para la prevención contra incendios.

#### *Disposición e identificación de los cables*

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, todos los cables de A.T. en uno de los laterales, reservando el otro para B.T., control, señalización, etc.).

Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.

Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.

#### *Sujeción de los cables*

Los cables deberán estar fijados a las paredes o a estructuras de la galería mediante elementos de sujeción (regletas, ménsulas, bandejas, bridas, etc.) para evitar que los esfuerzos térmicos, electrodinámicos debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de las redes de A.T. puedan moverlos o deformarlos.

Estos esfuerzos, en las condiciones más desfavorables previsibles, servirán para dimensionar los elementos de sujeción así como su separación.

En el caso de tres cables unipolares dispuestos en terna al tresbolillo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase respecto a las otras dos. En este caso, pueden complementarse las sujeciones de los cables con otras que mantengan juntas entre sí las tres fases.

En el caso de cables unipolares, si se quiere sujetar cada cable por separado, las sujeciones deberán disponerse de manera que no se formen circuitos ferromagnéticos cerrados alrededor del cable.

#### *Equipotencialidad de masas metálicas accesibles*

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la galería.

#### *Aislamiento de pantalla y armadura de un cable respecto a su soporte metálico*

El proyectista debe calcular el valor máximo de la tensión a que puede quedar sometida la pantalla y armadura de un cable dentro de la galería respecto a su red de tierras en las condiciones más desfavorables previsibles. Se dimensionará el aislamiento entre la pantalla y la armadura del cable respecto al elemento metálico de soporte para evitar una perforación que establezca un camino conductor, ya que esto podría dar origen a un defecto local en el cable.

#### *Previsión de defectos conducidos por la tierra de la galería*

En el caso que aparezca un defecto iniciado en un cable dentro de la galería, si el proyectista no prevé medidas especiales, considerará que las tierras de la galería deben poder evacuar las corrientes de defecto de dicho cable (defecto fase-tierra). Por consiguiente, dichas corrientes no deberán superar la máxima corriente de defecto para la cual se ha dimensionado la red de tierras de la galería.

#### *Previsión de defectos en cables no evacuados a la tierra de la galería*

El proyectista puede prever la instalación de cables cuya corriente de defecto fase - tierra supere la máxima corriente de defecto para la cual se ha dimensionado la red de tierra de la galería. En ese caso, las pantallas y armaduras de tales cables deberán estar aisladas, protegidas y separadas respecto a los elementos metálicos de soporte, de forma que se asegure razonablemente la imposibilidad de que esos defectos puedan drenar a la red de tierra de la galería, incluso en el caso de defecto en un punto del cable cercano a un elemento de sujeción.

#### 4.3.2 Galerías o zanjas registrables

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas. Sólo se admite la existencia de canalizaciones de agua si se puede asegurar que en caso de fuga el agua no afecte a los demás servicios (por ejemplo, en un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación; y en el otro cuerpo, estanco respecto al anterior cuando tiene colocada la tapa registrable, se disponen los cables de A.T., de B.T., de alumbrado público, semáforos, control y comunicación).

Las condiciones de seguridad más destacables que deben cumplir este tipo de instalación son:

- a) estanqueidad de los cierres, y
- b) buena renovación de aire en el cuerpo ocupado por los cables eléctricos, para evitar acumulaciones de gas y condensación de humedades, y mejorar la disipación de calor.

#### 4.4 En atarjeas o canales revisables

En ciertas ubicaciones con acceso restringido al personal autorizado, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material sintético de elevada resistencia mecánica (que normalmente enrasan con el nivel del suelo) manipulables a mano.

Es aconsejable separar los cables de distintas tensiones (aprovechando el fondo y las dos paredes). Incluso, puede ser preferible destinar canales distintos.

El canal debe permitir la renovación del aire. En cualquier caso, el proyectista debe estudiar las características particulares del entorno y justificar la solución adoptada.

#### 4.5 En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas de alta tensión (de interior o exterior) en las que el acceso quede restringido al personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurre el cable sean accesibles a personas o vehículos, deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

En instalaciones frecuentadas por personal no autorizado se podrá utilizar como sistema de instalación bandejas, tubos o canales protectoras, cuya tapa solo se pueda retirar con la ayuda de un útil. Las bandejas se dispondrán adosadas a la pared o en montaje aéreo, siempre a una altura mayor de 4 m para garantizar su inaccesibilidad. Para montajes situados a una altura inferior a 4 m se utilizarán tubos o canales protectoras, cuya tapa solo se pueda retirar con la ayuda de un útil.

En el caso de instalaciones a la intemperie, los cables serán adecuados a las condiciones ambientales a las que estén sometidos (acción solar, frío, lluvia, etc.), y las protecciones mecánicas y sujeciones del cable evitarán la acumulación de agua en contacto con los cables.

Se deberán colocar, asimismo, las correspondientes señalizaciones e identificaciones.

Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables (bandejas, soportes, palomillas, bridas, etc.) u otros elementos metálicos accesibles al personal (pavimentos, barandillas, estructuras o tuberías metálicas, etc.) se conectarán eléctricamente a la red de tierra de la instalación. Las canalizaciones conductoras se conectarán a tierra cada 10 metros como máximo y siempre al principio y al final de la canalización.

#### 4.6 En los fondos acuáticos

Cuando el trazado de un cable deba discurrir por fondos acuáticos (marinos, lacustres, fluviales, etc.), se realizará un proyecto técnico completo de la instalación y del tendido, considerando todas las acciones que el cable pueda sufrir (esfuerzos por mareas o corrientes, presión, esfuerzos durante el tendido y en el cable instalado, empuje hidráulico, etc.).

Se deberán tomar las medidas preventivas para que el cable no pueda ser afectado por ningún dispositivo arrastrado por cualquier embarcación (ancla, red de arrastre, etc.).

La zona de transición del cable, de agua a tierra, puede estar especialmente sometida a corrientes, oleajes y mareas. El proyectista deberá estudiar, para dicha zona, la manera de instalar el cable de forma que se evite su movimiento.

#### 4.7 Conversiones aéreo-subterráneas

Tanto en el caso de un cable subterráneo intercalado en una línea aérea, como de un cable subterráneo de unión entre una línea aérea y una instalación transformadora se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Cuando el cable subterráneo esté destinado a alimentar un centro de transformación de cliente se instalará un seccionador ubicado en el propio poste de la conversión aéreo subterránea, en uno próximo o en el centro de transformación siempre que el seccionador sea una unidad funcional y de transporte separada del transformador. En cualquier caso el seccionador quedará a menos de 50 m de la conexión aéreo subterránea.

- b) Cuando el cable esté intercalado en una línea aérea, no será necesario instalar un seccionador.
- c) El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irá protegido con un tubo o canal cerrado de material sintético, de cemento y derivados, o metálicos con la suficiente resistencia mecánica. El interior de los tubos o canales será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado. El tubo o canal se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua, y se empotrará en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno.
- El diámetro del tubo será como mínimo de 1,5 veces el diámetro del cable o el de la terna de cables si son unipolares y, en el caso de canal cerrado su anchura mínima será de 1,8 veces el diámetro del cable.
- d) Si se instala un solo cable unipolar por tubo o canal, éstos deberán ser de plástico o metálico de material no ferromagnético, a fin de evitar el calentamiento producido por las corrientes inducidas.
- e) Cuando deban instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos autoválvulas o descargadores, la conexión será lo más corta posible y sin curvas pronunciadas, garantizándose el nivel de aislamiento del elemento a proteger.

#### 4.8 Ensayos eléctricos después de la instalación

Una vez que la instalación ha sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente, para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados al efecto en las normas correspondientes y según se establece en la ITC-LAT 05.

#### 4.9 Sistema de puesta a tierra

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas terminales extremas. Cuando no se conecten ambos extremos a tierra, el proyectista deberá justificar en el extremo no conectado que las tensiones provocadas por el efecto de las faltas a tierra o por inducción de tensión entre la tierra y pantalla, no producen una tensión de contacto aplicada superiores al valor indicado en la ITC-LAT 07, salvo que en este extremo la pantalla esté protegida por envolvente metálica puesta a tierra o sea inaccesible. Asimismo, también deberá justificar que el aislamiento de la cubierta es suficiente para soportar las tensiones que pueden aparecer en servicio o en caso de defecto.

##### *Condiciones especiales de la instalación de puesta a tierra en galerías visitables*

Se dispondrá una instalación de puesta a tierra única, accesible a lo largo de toda la galería, formada por el tipo y número de electrodos que el proyectista de la galería juzgue necesarios. Se dimensionará para la máxima corriente de defecto (defecto fase-tierra) que se prevea poder evacuar. El valor de la resistencia global de puesta a tierra de la galería debe ser tal que, durante la evacuación de un defecto, no se supere un cierto valor de tensión de defecto establecido por el proyectista. Además, las tensiones de contacto que puedan aparecer tanto en el interior de la galería como en el exterior (si hay transferencia de potencial debido a tubos u otros elementos metálicos que salgan al exterior), no deben superar los valores admisibles de tensión de contacto aplicada según la ITC-LAT 07.

#### 4.10 Planos de situación

Las empresas propietarias de los cables, una vez canalizados éstos, deberán disponer de planos de situación de los mismos en los que figuren las cotas y referencias suficientes para su posterior identificación. Estos planos deben servir tanto para la identificación de posibles averías en los cables, como para poder señalarlos frente a obras de terceros.

#### 4.11 Petición de información sobre los servicios eléctricos

Cualquier contratista de obras que tenga que realizar trabajos de proyecto o construcción en vías públicas (calles, carreteras, etc.) estará obligado a solicitar a la empresa eléctrica (o empresas) que distribuya en aquella zona, así como a los posibles propietarios de servicios, la situación de sus instalaciones enterradas, con una antelación de 30 días antes de iniciar sus trabajos. Asimismo, la empresa eléctrica (o empresas) y los demás propietarios de servicios facilitarán estos datos en un plazo de 20 días. En aquellas zonas donde existan empresas dedicadas a la recogida de datos información y coordinación de servicios, serán estas las encargadas de aportar estos datos.

El contratista deberá comunicar el inicio de las obras a las empresas afectadas con una antelación mínima de 24 h.

En el caso de que las obras afecten, por proximidad o por incidencia directa, a canalizaciones eléctricas, el contratista de obras notificará a la empresa eléctrica afectada o al propietario de los servicios el inicio de las obras, con objeto de poder comprobar sobre el terreno las posibles incidencias. Se realizará conjuntamente el replanteo, para evitar posibles accidentes y desperfectos.

### 5. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

#### 5.1 Condiciones generales

Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de A.T.

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización. Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías. En dichos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, deberán aplicarse, cuando corresponda, los factores de corrección definidos en el capítulo 6 de la presente instrucción.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topo" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

## 5.2 Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de A.T.

### 5.2.1 Calles y carreteras

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 metros. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

### 5.2.2 Ferrocarriles

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas, perpendiculares a la vía siempre que sea posible. La parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 metros respecto de la cara inferior de la traviesa. Dichas canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 metros por cada extremo.

### 5.2.3 Otros cables de energía eléctrica

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión.

La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de A.T. y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### 5.2.4 Cables de telecomunicación

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 metro. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### 5.2.5 Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 metro del cruce. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### 5.2.6 Canalizaciones de gas

En los cruces de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 3. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en dicha tabla 3. Esta protección suplementaria, a colocar entre servicios, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.).

En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesario reducir esta distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

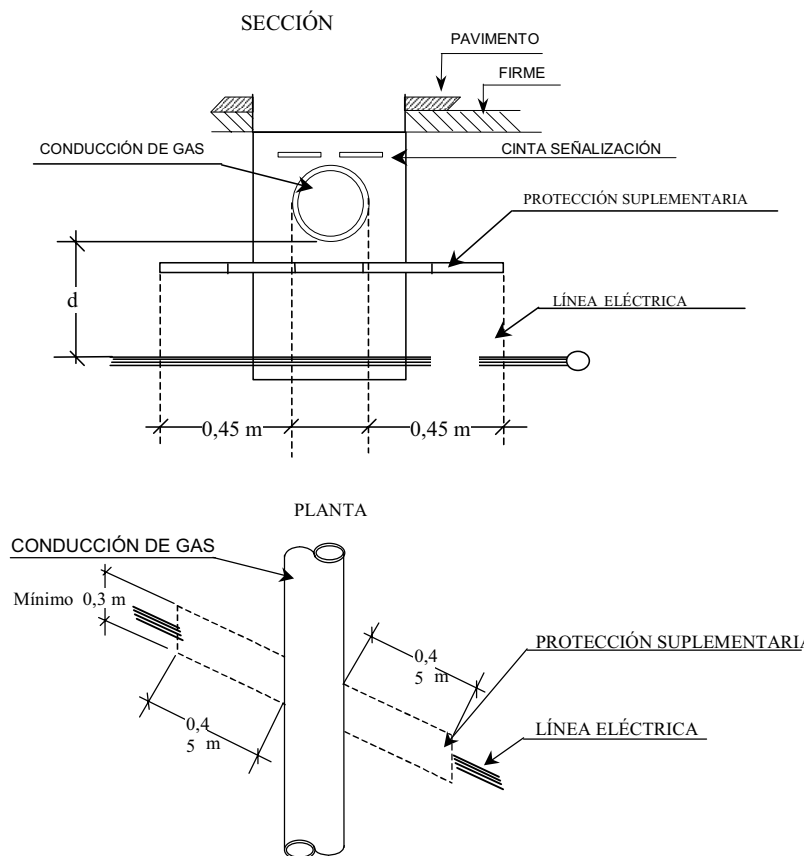


**Tabla 3. Distancias en cruzamientos con canalizaciones de gas**

|                             | Presión de la instalación de gas | Distancia mínima (d) sin protección suplementaria | Distancia mínima (d) con protección suplementaria |
|-----------------------------|----------------------------------|---|---|
| Canalizaciones y acometidas | En alta presión >4 bar           | 0,40 m  | 0,25 m  |
|                             | En media y baja presión ≤4 bar   | 0,40 m  | 0,25 m  |
| Acometida interior*         | En alta presión >4 bar           | 0,40 m  | 0,25 m  |
|                             | En media y baja presión ≤4 bar   | 0,20 m  | 0,10 m  |

\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 metros a ambos lados del cruce y 0,30 metros de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger, de acuerdo con la figura adjunta.



En el caso de línea subterránea de alta tensión con canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, no siendo de aplicación las coberturas mínimas indicadas anteriormente. Los tubos estarán constituidos por materiales con adecuada resistencia mecánica, una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### 5.2.7 Conducciones de alcantarillado

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### 5.2.8 Depósitos de carburante

Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J

si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

### 5.3 Proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de A.T. deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

#### 5.3.1 Otros cables de energía eléctrica

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A.T. del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

#### 5.3.2 Cables de telecomunicación

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

#### 5.3.3 Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 metros. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 metros en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

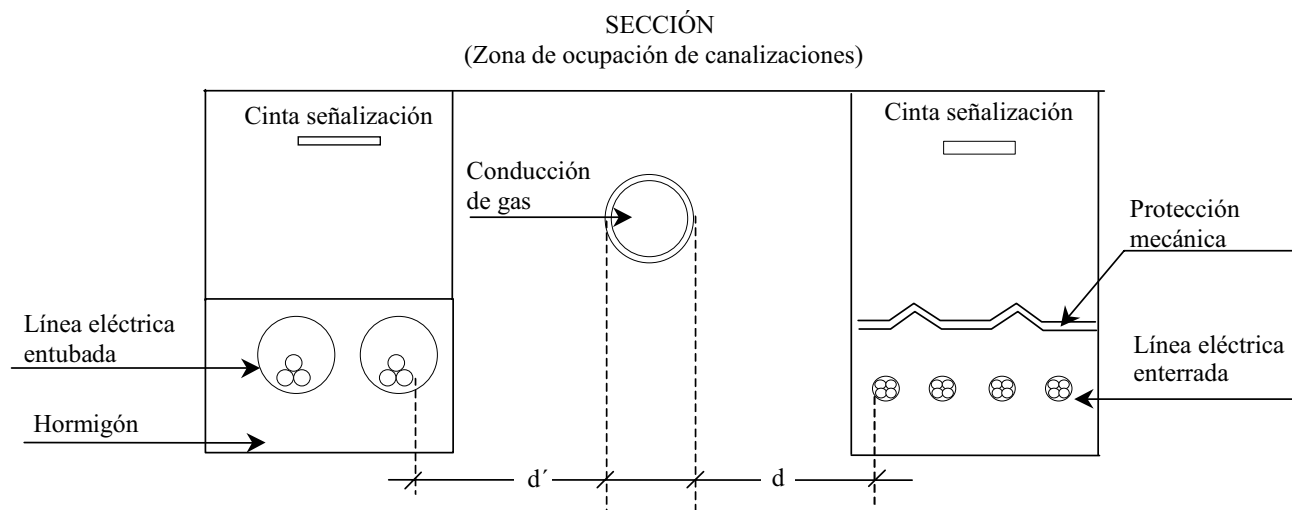
#### 5.3.4 Canalizaciones de gas

En los paralelismos de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 4. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrán reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria hasta las distancias mínimas establecidas en dicha tabla 4. Esta protección suplementaria a colocar entre servicios estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillo, etc.) o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

**Tabla 4. Distancias en paralelismos con canalizaciones de gas**

|                             | Presión de la instalación de gas | Distancia mínima (d) sin protección suplementaria | Distancia mínima (d) con protección suplementaria |
|-----------------------------|----------------------------------|---|---|
| Canalizaciones y acometidas | En alta presión >4 bar           | 0,40 m  | 0,25 m  |
|                             | En media y baja presión ≤4 bar   | 0,25 m  | 0,15 m  |
| Acometida interior*         | En alta presión >4 bar           | 0,40 m  | 0,25 m  |
|                             | En media y baja presión ≤4 bar   | 0,20 m  | 0,10 m  |

\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.



La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro.

#### 5.4 Acometidas (conexiones de servicio)

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 metros. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de B.T. como de A.T. en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

## 6. INTENSIDADES ADMISIBLES

### 6.1 Intensidades máximas permanentes en los conductores

Para cada instalación, dependiendo de sus características, configuración, condiciones de funcionamiento, tipo de aislamiento, etc., el proyectista justificará y calculará según la Norma UNE 21144 la intensidad máxima permanente admisible del conductor, con el fin de no superar su temperatura máxima asignada. Se permitirán otros valores de intensidad máxima permanentes admisibles siempre que correspondan con valores actualizados y publicados en las normas EN y CEI aplicables. En su defecto se aplicarán las tablas de intensidades máximas admisibles recogidas en este apartado.

Si se prevén condiciones de instalación o tipo de cables distintos a los indicados en este capítulo, éstas deberán estar justificadas por el proyectista con el fin de no superar la temperatura máxima asignada al conductor.

En este capítulo no se contemplan las tensiones asignadas superiores a 18/30 kV ni los cables submarinos, ya que su diseño puede ser muy específico y para un proyecto concreto.

En la tabla 5 se dan las temperaturas máximas admisibles en el conductor según los tipos de aislamiento

En la tabla 6 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables en las condiciones tipo de instalación enterrada indicadas en el apartado 6.1.2.1. En las condiciones especiales de instalación enterradas indicadas en el apartado 6.1.2.2., se aplicarán los coeficientes de corrección o valores que correspondan, según las tablas 7 a 12 Dichos coeficientes se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

En la tabla 13 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables con aislamiento seco en las condiciones tipo de instalación al aire indicadas en el apartado 6.1.3.1. En las condiciones especiales de instalación indicadas en el apartado 6.1.3.2. se aplicarán los coeficientes de corrección que correspondan, tablas 14 a 24 Dichos coeficientes se indican para cada condición que pueda diferenciar la instalación considerada de la instalación tipo.

Para cualquier otro tipo de cable u otro sistema no contemplado en este capítulo, así como para cables que no figuran en las tablas anteriores, deberá consultarse la Norma UNE 20435 o calcularse según la Norma UNE 21144.

#### 6.1.1 Temperatura máxima admisible

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar, sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga. En cables con aislamiento de papel impregnado, depende también de la tensión.

Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles podrán ser superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para cada tipo de aislamiento se especifican en la tabla 5.

**Tabla 5. Cables aislados con aislamiento seco  
Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor**

| Tipo de aislamiento seco  | Condiciones  |   |
|---|--|---|
|   | Servicio Permanente $\theta_s$   | Cortocircuito $\theta_{cc}$ ( $t \leq 5$ s) |
| Policloruro de vinilo (PVC)*<br>$S \leq 300 \text{ mm}^2$<br>$S > 300 \text{ mm}^2$ | 70<br>70   | 160<br>140                                  |
| Polietileno reticulado(XLPE)  | 90   | 250   |
| Etileno – Propileno (EPR)   | 90   | 250   |
| Etileno - Propileno de alto módulo (HEPR)   | 105 para $U_0/U \leq 18/30 \text{ kV}$<br>90 para $U_0/U > 18/30 \text{ kV}$ | 250   |

\* Solo para instalaciones de tensión asignada hasta 6 kV.

### 6.1.2 Condiciones de instalación enterrada

#### 6.1.2.1 Condiciones tipo de instalación directamente enterrada

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará una instalación tipo con cables de aislamiento seco hasta 18/30 kV formada por un terno de cables unipolares directamente enterrado en toda su longitud a 1 metro de profundidad (medido hasta la parte superior del cable), en un terreno de resistividad térmica media de 1,5 K.m/W, con una temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25 °C y con una temperatura del aire ambiente de 40 °C.

**Tabla 6. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna.  
Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV directamente enterrados**

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | EPR |     | XLPE |     | HEPR |     |
|----------------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|
|                            | Cu  | Al  | Cu   | Al  | Cu   | Al  |
| 25                         | 125 | 96  | 130  | 100 | 135  | 105 |
| 35                         | 145 | 115 | 155  | 120 | 160  | 125 |
| 50                         | 175 | 135 | 180  | 140 | 190  | 145 |
| 70                         | 215 | 165 | 225  | 170 | 235  | 180 |
| 95                         | 255 | 200 | 265  | 205 | 280  | 215 |
| 120                        | 290 | 225 | 300  | 235 | 320  | 245 |
| 150                        | 325 | 255 | 340  | 260 | 360  | 275 |
| 185                        | 370 | 285 | 380  | 295 | 405  | 315 |
| 240                        | 425 | 335 | 440  | 345 | 470  | 365 |
| 300                        | 480 | 375 | 490  | 390 | 530  | 410 |
| 400                        | 540 | 430 | 560  | 445 | 600  | 470 |

#### 6.1.2.2 Condiciones especiales de instalación enterrada y coeficientes de corrección de la intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación enterrada cuyas características se han especificado en el apartado 6.1.2.1, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquéllas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 5. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

##### 6.1.2.2.1 Cables enterrados directamente en terrenos cuya temperatura sea distinta de 25 °C

En la tabla 7 se indican los factores de corrección  $F_t$  de la intensidad admisible para temperaturas del terreno  $\theta_t$ , distintas de 25 °C, en función de la temperatura máxima asignada al conductor  $\theta_s$  (tabla 5).

**Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C**

| Temperatura °C<br>Servicio<br>Permanente $\theta_s$ | Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 10  | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| 105   | 1,09  | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,90 | 0,87 | 0,83 |
| 90  | 1,11  | 1,07 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |
| 70  | 1,15  | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 |
| 65  | 1,17  | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |

El factor de corrección para otras temperaturas del terreno distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_t}{\theta_s - 25}}$$

#### 6.1.2.2.2 Cables enterrados directamente en terreno de resistividad térmica distinta de 1,5 K.m/W

En la tabla 8 se indican, para distintas resistividades térmicas del terreno, los correspondientes factores de corrección de la intensidad admisible.

**Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W**

| Tipo de instalación                             | Sección del conductor<br>mm <sup>2</sup> | Resistividad térmica del terreno, K.m/W |      |      |      |      |      |      |
|---|--|---|------|------|------|------|------|------|
|   |  | 0,8                                     | 0,9  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3    |
| Cables<br>directamente<br>enterrados            | 25                                       | 1,25                                    | 1,20 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,75 |
|   | 35                                       | 1,25                                    | 1,21 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,75 |
|   | 50                                       | 1,26                                    | 1,21 | 1,16 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,74 |
|   | 70                                       | 1,27                                    | 1,22 | 1,17 | 1,00 | 0,89 | 0,81 | 0,74 |
|   | 95                                       | 1,28                                    | 1,22 | 1,18 | 1,00 | 0,89 | 0,80 | 0,74 |
|   | 120                                      | 1,28                                    | 1,22 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|   | 150                                      | 1,28                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|   | 185                                      | 1,29                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,74 |
|   | 240                                      | 1,29                                    | 1,23 | 1,18 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,73 |
|   | 300                                      | 1,30                                    | 1,24 | 1,19 | 1,00 | 0,88 | 0,80 | 0,73 |
| Cables<br>en interior<br>de tubos<br>enterrados | 25                                       | 1,12                                    | 1,10 | 1,08 | 1,00 | 0,93 | 0,88 | 0,83 |
|   | 35                                       | 1,13                                    | 1,11 | 1,09 | 1,00 | 0,93 | 0,88 | 0,83 |
|   | 50                                       | 1,13                                    | 1,11 | 1,09 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,83 |
|   | 70                                       | 1,13                                    | 1,11 | 1,09 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
|   | 95                                       | 1,14                                    | 1,12 | 1,09 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
|   | 120                                      | 1,14                                    | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
|   | 150                                      | 1,14                                    | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
|   | 185                                      | 1,14                                    | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
|   | 240                                      | 1,15                                    | 1,12 | 1,10 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |
|   | 300                                      | 1,15                                    | 1,13 | 1,10 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |
| 400   | 1,16                                     | 1,13                                    | 1,10 | 1,00 | 0,92 | 0,86 | 0,81 |      |

La resistividad térmica del terreno depende del tipo de terreno y de su humedad, aumentando cuando el terreno está más seco. La tabla 9 muestra valores de resistividades térmicas del terreno en función de su naturaleza y grado de humedad.

**Tabla 9. Resistividad térmica del terreno en función de su naturaleza y humedad**

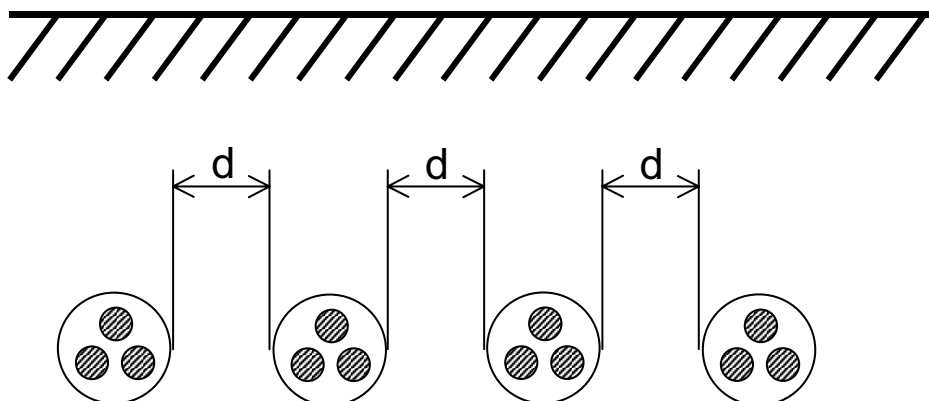
| Resistividad térmica del terreno (K.m/W) | Naturaleza del terreno y grado de humedad |
|--|---|
| 0,40                                     | Inundado                                  |
| 0,50                                     | Muy húmedo                                |
| 0,70                                     | Húmedo                                    |
| 0,85                                     | Poco húmedo                               |
| 1,00                                     | Seco                                      |
| 1,20                                     | Arcilloso muy seco                        |
| 1,50                                     | Arenoso muy seco                          |
| 2,00                                     | De piedra arenisca                        |
| 2,50                                     | De piedra caliza                          |
| 3,00                                     | De piedra granítica                       |

#### 6.1.2.2.3 Cables tripolares o ternos de cables unipolares agrupados bajo tierra

En la tabla 10 se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o de ternos de cables unipolares y la distancia entre ternos o cables tripolares.

**Tabla 10. Factor de corrección por distancia entre ternos o cables tripolares**

| Tipo de instalación            | Separación de los ternos | Factor de corrección         |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                |                          | Número de ternos de la zanja |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                |                          | 2                            | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Cables directamente enterrados | En contacto (d=0 cm)     | 0,76                         | 0,65 | 0,58 | 0,53 | 0,50 | 0,47 | 0,45 | 0,43 | 0,42 |
|                                | d = 0,2 m                | 0,82                         | 0,73 | 0,68 | 0,64 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,56 | 0,55 |
|                                | d = 0,4 m                | 0,86                         | 0,78 | 0,75 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,65 |
|                                | d = 0,6 m                | 0,88                         | 0,82 | 0,79 | 0,77 | 0,76 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | -    |
|                                | d = 0,8 m                | 0,90                         | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | -    | -    | -    |
| Cables bajo tubo               | En contacto (d=0 cm)     | 0,80                         | 0,70 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,49 |
|                                | d = 0,2 m                | 0,83                         | 0,75 | 0,70 | 0,67 | 0,64 | 0,62 | 0,60 | 0,59 | 0,58 |
|                                | d = 0,4 m                | 0,87                         | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | 0,69 | 0,68 |
|                                | d = 0,6 m                | 0,89                         | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | -    |
|                                | d = 0,8 m                | 0,90                         | 0,86 | 0,84 | 0,82 | 0,81 | -    | -    | -    | -    |



#### 6.1.2.2.4 Cables directamente enterrados en zanja a diferentes profundidades

En la tabla 11 se indican los factores de corrección que deben aplicarse para profundidades de instalación distintas de 1 metro (cables con aislamiento seco hasta 18/30 kV).

**Tabla 11. Factores de corrección para profundidades de la instalación distintas de 1m**

| Profundidad (m) | Cables enterrados de sección |                      | Cables bajo tubo de sección |                      |
|-----------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
|                 | ≤185 mm <sup>2</sup>         | >185 mm <sup>2</sup> | ≤185 mm <sup>2</sup>        | >185 mm <sup>2</sup> |
| 0,50            | 1,06                         | 1,09                 | 1,06                        | 1,08                 |
| 0,60            | 1,04                         | 1,07                 | 1,04                        | 1,06                 |
| 0,80            | 1,02                         | 1,03                 | 1,02                        | 1,03                 |
| 1,00            | 1,00                         | 1,00                 | 1,00                        | 1,00                 |
| 1,25            | 0,98                         | 0,98                 | 0,98                        | 0,98                 |
| 1,50            | 0,97                         | 0,96                 | 0,97                        | 0,96                 |
| 1,75            | 0,96                         | 0,94                 | 0,96                        | 0,95                 |
| 2,00            | 0,95                         | 0,93                 | 0,95                        | 0,94                 |
| 2,50            | 0,93                         | 0,91                 | 0,93                        | 0,92                 |
| 3,00            | 0,92                         | 0,89                 | 0,92                        | 0,91                 |

#### 6.1.2.2.5 Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares

No deberá instalarse más de un cable tripolar por tubo o más de un sistema de tres unipolares por tubo. La relación de diámetros entre tubo y cable o conjunto de tres unipolares no será inferior a 1,5. En el caso de instalar un cable unipolar por tubo, el tubo deberá ser de material amagnético.

Tubos de corta longitud: Se entiende por corta longitud, canalizaciones tubulares que no superen longitudes de 15 m (cruzamientos de caminos, carreteras, etc.). En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados especiales, no será necesario aplicar coeficiente de corrección de intensidad alguno.

Tubos de gran longitud: En el caso de una línea con un terno de cables unipolares por el mismo tubo, se utilizarán los valores de intensidades indicados en la tabla 12, calculados para una resistividad térmica del tubo de 3,5 K.m/W y para un diámetro interior del tubo superior a 1,5 veces del diámetro equivalente de la terna de cables unipolares.

**Tabla 12. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo**

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | EPR |     | XLPE |     | HEPR |     |
|----------------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|
|                            | Cu  | Al  | Cu   | Al  | Cu   | Al  |
| 25                         | 115 | 90  | 120  | 90  | 125  | 95  |
| 35                         | 135 | 105 | 145  | 110 | 150  | 115 |
| 50                         | 160 | 125 | 170  | 130 | 180  | 135 |
| 70                         | 200 | 155 | 205  | 160 | 220  | 170 |
| 95                         | 235 | 185 | 245  | 190 | 260  | 200 |
| 120                        | 270 | 210 | 280  | 215 | 295  | 230 |
| 150                        | 305 | 235 | 315  | 245 | 330  | 255 |
| 185                        | 345 | 270 | 355  | 280 | 375  | 290 |
| 240                        | 400 | 310 | 415  | 320 | 440  | 345 |
| 300                        | 450 | 355 | 460  | 365 | 500  | 390 |
| 400                        | 510 | 405 | 520  | 415 | 565  | 450 |

Si se trata de una agrupación de tubos, la intensidad admisible dependerá del tipo de agrupación empleado y variará para cada cable o terno según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente por el proyectista. Además se tendrán en cuenta los coeficientes aplicables en función de la temperatura y resistividad térmica del terreno y profundidad de la instalación.

### 6.1.3 Condiciones de instalación al aire

#### 6.1.3.1 Condiciones tipo de instalación al aire

A los efectos de determinar la intensidad máxima admisible, se considerará una instalación tipo con cables de aislamiento seco hasta 18/30 kV, formada por un terno de cables unipolares, agrupados en contacto, con una colocación tal que permita una eficaz renovación de aire, protegidos del sol, siendo la temperatura del medio ambiente de 40 °C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc.

**Tabla 13. Intensidades máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables unipolares aislados de hasta 18/30 kV instalados al aire**

| Sección (mm <sup>2</sup> ) | EPR |     | XLPE |     | HEPR |     |
|----------------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|
|                            | Cu  | Al  | Cu   | Al  | Cu   | Al  |
| 25                         | 140 | 110 | 155  | 120 | 160  | 125 |
| 35                         | 170 | 130 | 185  | 145 | 195  | 150 |
| 50                         | 205 | 155 | 220  | 170 | 230  | 180 |
| 70                         | 255 | 195 | 275  | 210 | 295  | 225 |
| 95                         | 310 | 240 | 335  | 255 | 355  | 275 |
| 120                        | 355 | 275 | 385  | 295 | 410  | 320 |
| 150                        | 405 | 315 | 435  | 335 | 465  | 360 |
| 185                        | 465 | 360 | 500  | 385 | 535  | 415 |
| 240                        | 550 | 425 | 590  | 455 | 630  | 495 |
| 300                        | 630 | 490 | 680  | 520 | 725  | 565 |
| 400                        | 740 | 570 | 790  | 610 | 840  | 660 |

#### 6.1.3.2 Condiciones especiales de instalación al aire y coeficientes de corrección de la intensidad admisible

La intensidad admisible de un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire cuyas características se han especificado en el apartado 6.1.3.1, deberá corregirse teniendo en cuenta cada una de las magnitudes de la instalación real que difieran de aquellas, de forma que el aumento de temperatura provocado por la circulación de la intensidad calculada no dé lugar a una temperatura, en el conductor, superior a la prescrita en la tabla 5. A continuación, se exponen algunos casos particulares de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

##### 6.1.3.2.1 Cables instalados al aire en ambientes de temperatura distinta de 40 °C

En la tabla 14 se indican los factores de corrección, F, de la intensidad admisible para temperaturas del aire ambiente,  $\theta_a$ , distintas de 40 °C, en función de la temperatura máxima de servicio,  $\theta_s$  (tabla 5).

**Tabla 14. Factor de corrección, F, para temperatura del aire distinta de 40 °C**

| Temperatura de servicio, $\theta_s$ , en °C | Temperatura ambiente, $\theta_a$ , en °C |      |      |      |      |      |    |      |      |      |      |
|---|--|------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|
|   | 10                                       | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40 | 45   | 50   | 55   | 60   |
| 105   | 1,21                                     | 1,18 | 1,14 | 1,11 | 1,07 | 1,04 | 1  | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 |
| 90  | 1,27                                     | 1,23 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1  | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,78 |
| 70  | 1,41                                     | 1,35 | 1,29 | 1,23 | 1,16 | 1,08 | 1  | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 |
| 65  | 1,48                                     | 1,41 | 1,34 | 1,27 | 1,18 | 1,10 | 1  | 0,89 | 0,78 | 0,63 | 0,45 |

El factor de corrección para otras temperaturas del aire distintas de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_s - \theta_a}{\theta_s - 40}}$$

##### 6.1.3.2.2 Cables instalados al aire en canales o galerías

Se observa que, en ciertas condiciones de instalación (en canales, galerías, etc.), el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire.



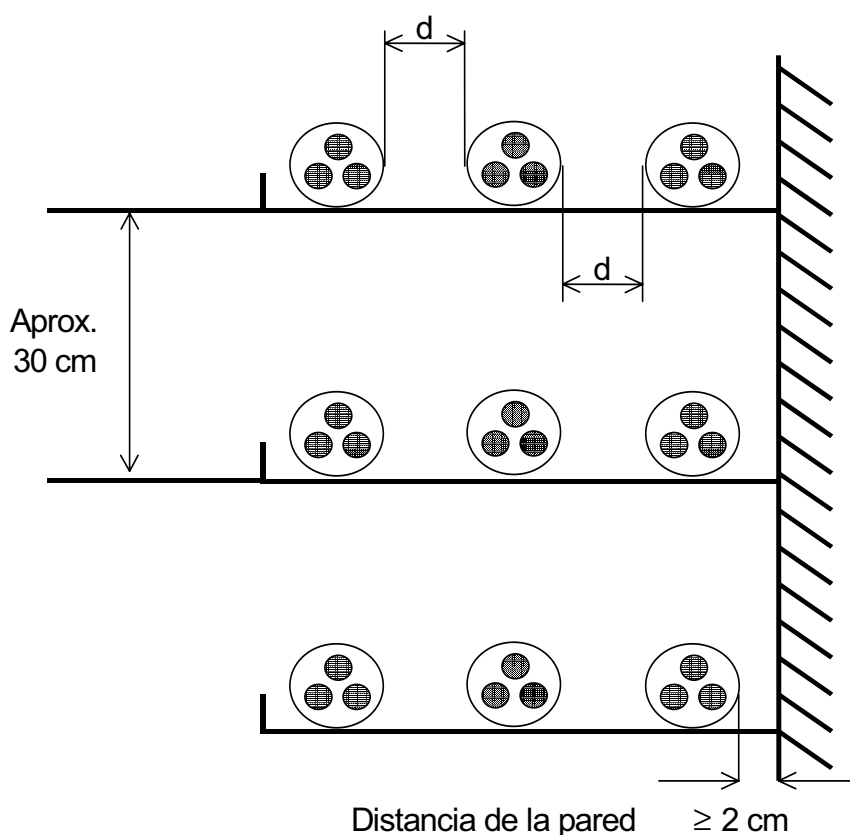
La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinado en cada caso como estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que la sobreelevación de temperatura es del orden de 15 K. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla 14.

#### 6.1.3.2.3 Cables tripolares o ternos de cables unipolares instalados al aire y agrupados

En las tablas 15 a 20, los ternos de cables unipolares se refieren a tres cables juntos. En las tablas 21 a 24, los ternos de cables unipolares se refieren a tres cables separados un diámetro entre sí.

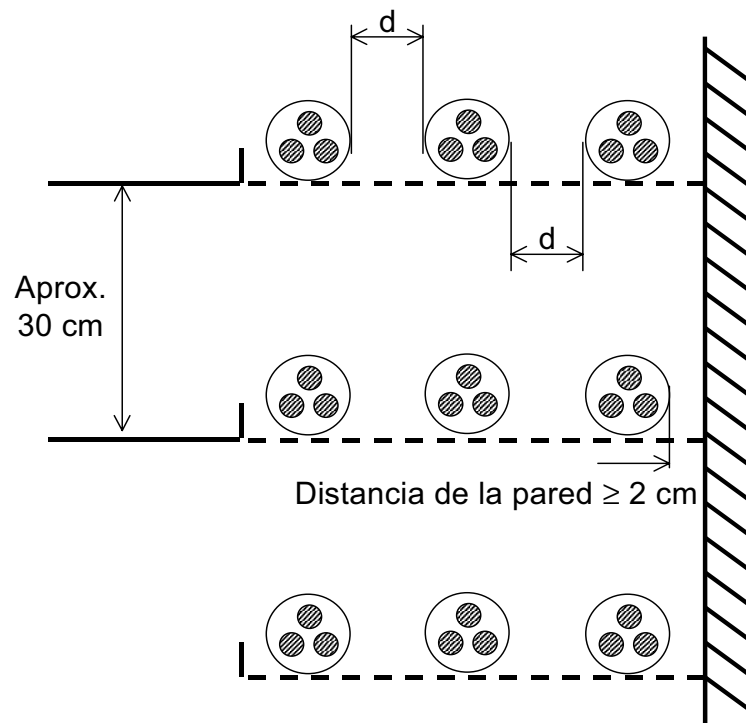
**Tabla 15. Cables tripolares o ternos de cables unipolares tendidos sobre bandejas continuas (la circulación del aire es restringida), con separación entre cables igual a un diámetro  $d$**

| Número de Bandejas | Factor de corrección                            |      |      |      |      |
|--------------------|---|------|------|------|------|
|                    | Número de cables tripolares o ternos unipolares |      |      |      |      |
|                    | 1   | 2    | 3    | 6    | 9    |
| 1                  | 0,95  | 0,90 | 0,88 | 0,85 | 0,84 |
| 2                  | 0,90  | 0,85 | 0,83 | 0,81 | 0,80 |
| 3                  | 0,88  | 0,83 | 0,81 | 0,79 | 0,78 |
| 6                  | 0,86  | 0,81 | 0,79 | 0,77 | 0,76 |



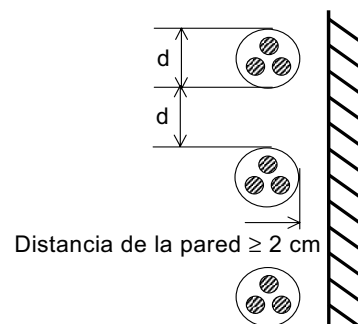
**Tabla 16. Cables tripolares o ternos de cables unipolares tendidos sobre bandejas perforadas, con separación entre cables igual a un diámetro d**

| Número de Bandejas | Factor de corrección                            |      |      |      |      |
|--------------------|---|------|------|------|------|
|                    | Número de cables tripolares o ternos unipolares |      |      |      |      |
|                    | 1   | 2    | 3    | 6    | 9    |
| 1                  | 1   | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,92 |
| 2                  | 1   | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,73 |
| 3                  | 1   | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,69 |
| 6                  | 1   | 0,93 | 0,90 | 0,87 | 0,86 |



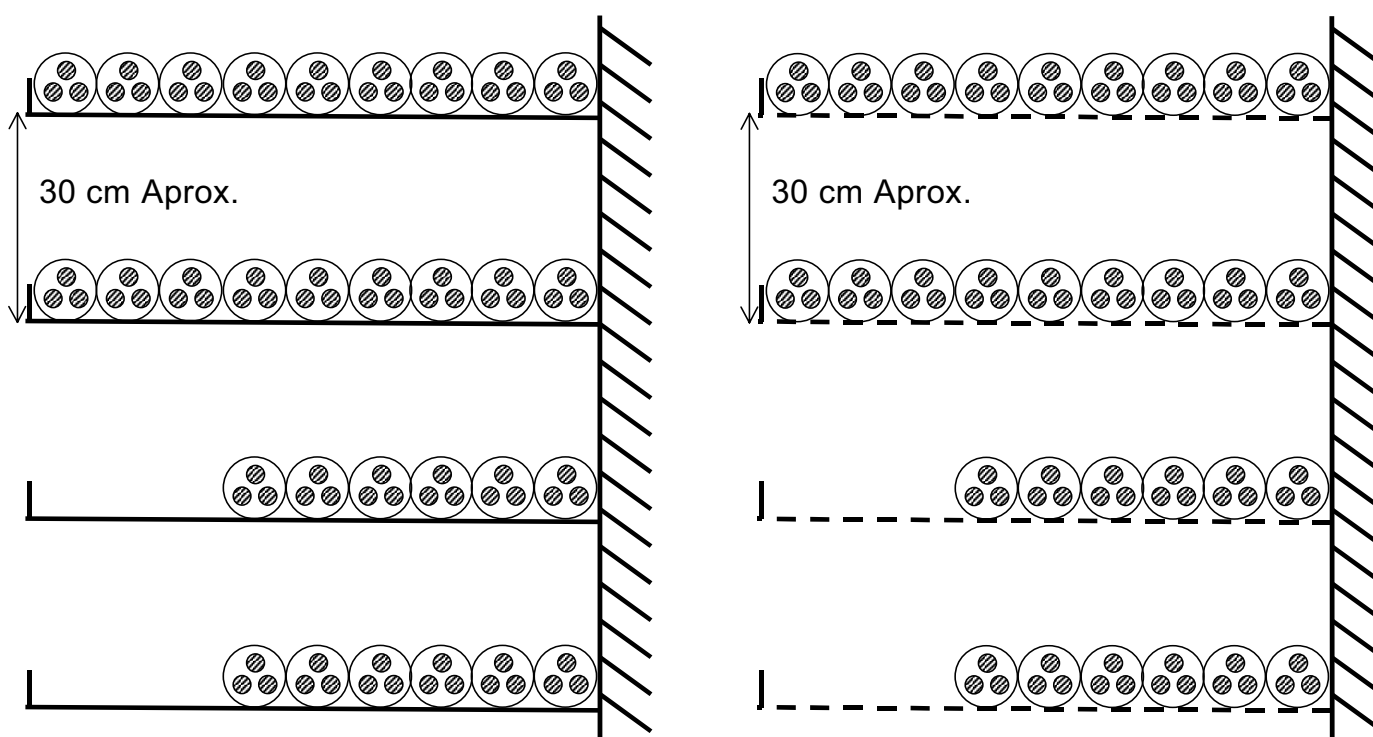
**Tabla 17. Cables tripolares o ternos de cables unipolares tendidos sobre estructuras o sobre la pared, con separación entre cables igual a un diámetro d**

| Nº de cables o ternos | Factor de Corrección |
|-----------------------|----------------------|
| 1                     | 1                    |
| 2                     | 0,93                 |
| 3                     | 0,90                 |
| 6                     | 0,87                 |
| 9                     | 0,86                 |



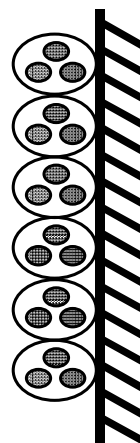
**Tabla 18. Cables tripolares o ternos de cables unipolares en contacto entre sí y con la pared, tendido sobre bandejas continuas o perforadas (la circulación de aire es restringida)**

| Número de bandejas | Factor de corrección      |      |      |      |
|--------------------|---------------------------|------|------|------|
|                    | Número de cables o ternos |      |      |      |
|                    | 2                         | 3    | 6    | 9    |
| 1                  | 0,84                      | 0,80 | 0,75 | 0,73 |
| 2                  | 0,80                      | 0,76 | 0,71 | 0,69 |
| 3                  | 0,78                      | 0,74 | 0,70 | 0,68 |
| 6                  | 0,76                      | 0,72 | 0,68 | 0,66 |



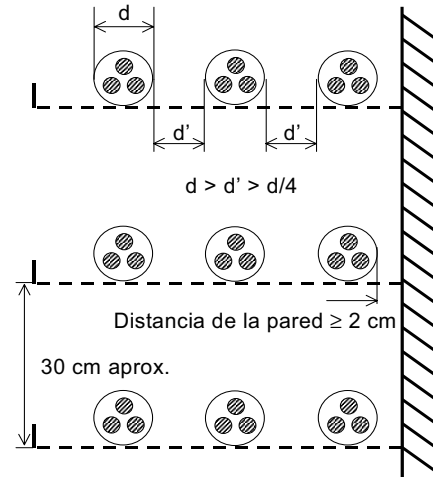
**Tabla 19. Cables secos, tripolares o ternos de cables unipolares, en contacto entre sí, dispuestos sobre estructura o sobre pared**

| N.º de cables o ternos | Factor de Corrección |
|------------------------|----------------------|
| 1                      | 0,95                 |
| 2                      | 0,78                 |
| 3                      | 0,73                 |
| 6                      | 0,68                 |
| 9                      | 0,66                 |



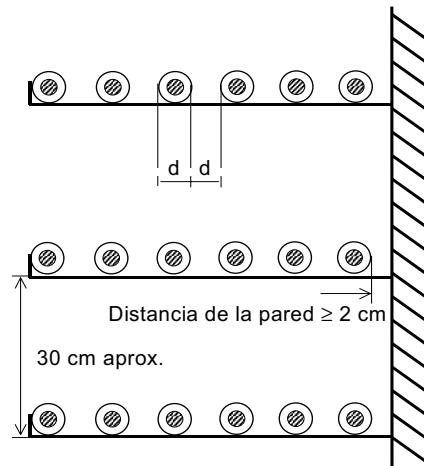
**Tabla 20. Agrupación de cables tripolares o ternos de cables unipolares, con una separación inferior a un diámetro y superior a un cuarto de diámetro, suponiendo su instalación sobre bandeja perforada (el aire puede circular libremente entre los cables)**

| Factor de corrección |  |      |      |      |
|----------------------|--|------|------|------|
| Número de Bandejas   | Número de cables colocados en horizontal |      |      |      |
|                      | 1  | 2    | 3    | >3   |
| 1                    | 1,00                                     | 0,93 | 0,87 | 0,83 |
| 2                    | 0,89                                     | 0,83 | 0,79 | 0,75 |
| 3                    | 0,80                                     | 0,76 | 0,72 | 0,69 |
| >3                   | 0,75                                     | 0,70 | 0,66 | 0,64 |



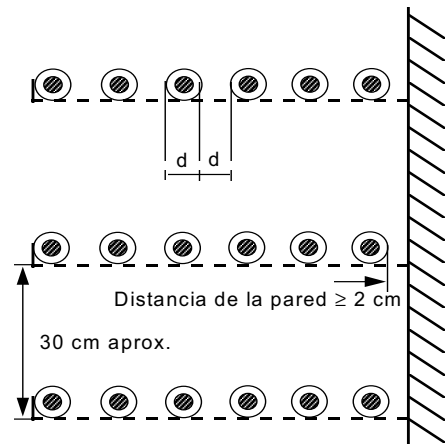
**Tabla 21. Cables unipolares, tendidos sobre bandejas continuas (la circulación de aire es restringida) con separación entre cables igual a un diámetro d**

| Factor de corrección |                  |      |      |
|----------------------|------------------|------|------|
| Número de Bandejas   | Número de ternos |      |      |
|                      | 1                | 2    | 3    |
| 1                    | 0,92             | 0,89 | 0,88 |
| 2                    | 0,87             | 0,84 | 0,83 |
| 3                    | 0,84             | 0,82 | 0,81 |
| 6                    | 0,82             | 0,80 | 0,79 |



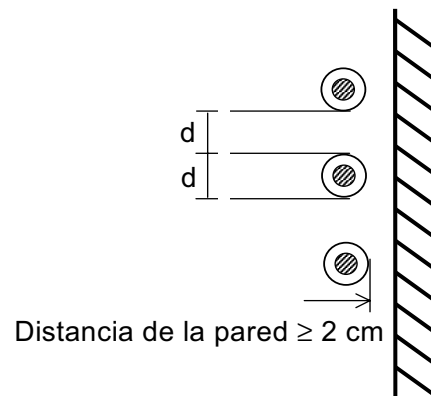
**Tabla 22. Cables unipolares tendidos sobre bandejas perforadas con separación entre cables igual a un diámetro d**

| Factor de corrección |                  |      |      |
|----------------------|------------------|------|------|
| Número de Bandejas   | Número de ternos |      |      |
|                      | 1                | 2    | 3    |
| 1                    | 1                | 0,97 | 0,96 |
| 2                    | 0,97             | 0,94 | 0,93 |
| 3                    | 0,96             | 0,93 | 0,92 |
| 6                    | 0,94             | 0,91 | 0,90 |

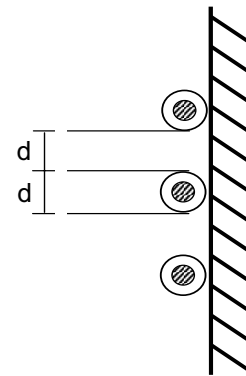


**Tabla 23. Cables unipolares tendidos sobre estructura o sobre pared, unos sobre otros, con separación entre cables igual a un diámetro d**

| N.º de ternos | Factor de Corrección |
|---------------|----------------------|
| 2             | 0,91                 |
| 3             | 0,89                 |

**Tabla 24. Cables unipolares tendidos sobre estructura o sobre pared, unos sobre otros, con separación entre cables igual a un diámetro d**

| N.º de ternos | Factor de Corrección |
|---------------|----------------------|
| 2             | 0,86                 |
| 3             | 0,84                 |



#### 6.1.3.2.4 Cables expuestos directamente al sol

El coeficiente de corrección que deberá aplicarse en un cable expuesto al sol es muy variable. Se recomienda 0,9.

## 6.2 Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en los conductores

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo con la Norma UNE 21192, siendo válido el cálculo aproximado de las densidades de corriente que se indica a continuación.

Estas densidades de corriente se calculan de acuerdo con las temperaturas especificadas en la tabla 5, considerando como temperatura inicial,  $\theta_i$ , la máxima asignada al conductor para servicio permanente,  $\theta_s$ , y como temperatura final la máxima asignada al conductor para cortocircuitos de duración inferior a 5 segundos,  $\theta_{cc}$ . En el cálculo se considera que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático).

En estas condiciones:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

en donde,

$I_{cc}$ : corriente de cortocircuito, en amperios.

$S$ : sección del conductor, en  $\text{mm}^2$ .

$K$ : coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

$t_{cc}$ : duración del cortocircuito, en segundos.

Si se desea conocer la intensidad de corriente de cortocircuito para un valor de  $t_{cc}$ , distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior.  $K$  coincide con el valor de densidad de corriente tabulado para  $t_{cc} = 1$  s, para los distintos tipos de aislamiento.

Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a una temperatura inicial  $\theta_i$  diferente a la máxima asignada al conductor para servicio permanente  $\theta_s$ , basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección,

$$\sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{\ln\left(\frac{\theta_{cc} + \beta}{\theta_s + \beta}\right)}}$$

donde  $\beta = 235$  para el cobre y  $\beta = 228$  para el aluminio.

En las tablas 25 y 26 se indican las densidades máximas admisibles de la corriente de cortocircuito en los conductores, de cobre y de aluminio respectivamente, de los cables aislados con diferentes materiales, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

**Tabla 25. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de cobre**

| Tipo de aislamiento                        | $\Delta\theta^*$<br>(K) | Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  |                         | 0,1  | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| PVC:<br>sección $\leq 300$ mm <sup>2</sup> | 90                      | 363  | 257 | 210 | 162 | 148 | 115 | 93  | 81  | 72  | 66  |
| sección $> 300$ mm <sup>2</sup>            | 70                      | 325  | 229 | 187 | 145 | 132 | 102 | 83  | 72  | 65  | 59  |
| XLPE, EPR y<br>HEPR $U_0/U > 18/30$ kV     | 160                     | 452  | 319 | 261 | 202 | 184 | 143 | 116 | 101 | 90  | 82  |
| HEPR $U_0/U \leq 18/30$ kV                 | 145                     | 426  | 301 | 246 | 190 | 174 | 135 | 110 | 95  | 85  | 78  |

\*  $\Delta\theta$  es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

**Tabla 26. Densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito, en A/mm<sup>2</sup>, para conductores de aluminio**

| Tipo de aislamiento                        | $\Delta\theta^*$<br>(K) | Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  |                         | 0,1  | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| PVC:<br>sección $\leq 300$ mm <sup>2</sup> | 90                      | 240  | 170 | 138 | 107 | 98  | 76  | 62  | 53  | 48  | 43  |
| sección $> 300$ mm <sup>2</sup>            | 70                      | 215  | 152 | 124 | 96  | 87  | 68  | 55  | 48  | 43  | 39  |
| XLPE, EPR y HEPR                           | 160                     | 298  | 211 | 172 | 133 | 122 | 94  | 77  | 66  | 59  | 54  |
| HEPR $U_0/U \leq 18/30$ kV                 | 145                     | 281  | 199 | 162 | 126 | 115 | 89  | 73  | 63  | 56  | 51  |

\*  $\Delta\theta$  es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

### 6.3 Intensidades de cortocircuito máximas admisibles en las pantallas de cables de aislamiento seco

Las intensidades de cortocircuito máximas admisibles en las pantallas de los cables de aislamiento seco varían de forma notable con el diseño del cable. Esta variación depende del tipo de cubierta, del diámetro de los hilos de pantalla, de la colocación de estos hilos, etc. Por este motivo no puede usarse una tabla general única.

El cálculo será realizado siguiendo la norma UNE 211003 y aplicando el método indicado en la Norma UNE 21192. Los valores obtenidos no dependerán del tipo de aislamiento, ya que en el cálculo intervienen sólo las capas exteriores de la pantalla. La norma UNE 211435 no será de aplicación para estos cálculos. El dimensionamiento mínimo de la pantalla será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante 1 segundo.

## 7. PROTECCIONES

### 7.1 Protección contra sobrecargas

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobrecargas susceptibles de producirse en la instalación, cuando éstas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán cortocircuitos fusibles o interruptores automáticos, con emplazamiento en el inicio de las líneas. Las

características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de éste.

En cuanto a la ubicación y agrupación de los elementos de protección de los transformadores, así como los sistemas de protección de las líneas, se aplicará lo establecido en la ITC MIE-RAT 09 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

El proyectista analizará la existencia de fenómenos de ferorrresonancias por combinación de las intensidades capacitivas con las magnetizantes de transformadores durante el seccionamiento unipolar de líneas sin carga, en cuyo caso se utilizará de seccionamiento tripolar en lugar de seccionamiento unipolar.

#### 7.1.1 Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en el capítulo 6 de la presente instrucción. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

#### 7.1.2 Protecciones contra sobrecargas

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario, controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

### 7.2 Protección contra sobretensiones

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión o se observará el cumplimiento de las reglas de coordinación de aislamiento correspondientes. Deberá cumplirse también, en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de los pararrayos, lo indicado en las instrucciones MIE-RAT 12 y MIE-RAT 13, respectivamente, Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, aprobado por Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre.

En lo referente a protecciones contra sobretensiones serán de consideración igualmente las especificaciones establecidas por las Normas UNE-EN 60071-1, UNE-EN 60071-2 y UNE-EN 60099-5.

## 8. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Durante el diseño y la ejecución de la línea, las disposiciones de aseguramiento de la calidad, deben seguir los principios descritos en la norma UNE-EN ISO 9001. Los sistemas y procedimientos, que el proyectista y/o contratista de la instalación utilizarán, para garantizar que los trabajos del proyecto cumplan con los requisitos del mismo, deben ser definidos en el plan de calidad del proyectista y/o del contratista de la instalación para los trabajos del proyecto.

Cada plan de calidad debe presentar las actividades en una secuencia lógica, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Una descripción del trabajo propuesto y del orden del programa.
- b) La estructura de la organización para el contrato, así como la oficina principal y cualquier otro centro responsables de una parte del trabajo.
- c) Las obligaciones y responsabilidades asignadas al personal de control de calidad del trabajo.
- d) Puntos de control de la ejecución y notificación.
- e) Presentación de los documentos de ingeniería requeridos por las especificaciones del proyecto.
- f) La inspección de los materiales y sus componentes a su recepción.
- g) La referencia a los procedimientos de aseguramiento de la calidad para cada actividad.
- h) Inspección durante la fabricación / construcción.
- i) Inspección final y ensayos.

El plan de garantía de aseguramiento de la calidad, es parte del plan de ejecución de un proyecto o una fase del mismo.