

Centro de Formación Schneider

## Líneas y cables



**Merlin Gerin**

Eunea Merlin Gerin

**Modicon**

**Telemecanique**

**Square D**

**Mesa**

**Himel**

**Crouzet**

**Infra+**

Publicación Técnica de Schneider: PT-073

Edición: Enero 2003

**Schneider**  
 **Electric**

La **Biblioteca Técnica** constituye una colección de títulos que recogen las novedades en automatismos industriales y electrotécnica. Tienen origen en el Centro de Formación para cubrir un amplio abanico de necesidades pedagógicas y están destinados a Ingenieros y Técnicos que precisen una información específica, que complemente la de los catálogos, guías de producto o noticias técnicas.

Estos documentos ayudan a conocer mejor los fenómenos que se presentan en las instalaciones, los sistemas y equipos eléctricos. Cada Publicación Técnica recopila conocimientos sobre un tema concreto del campo de las redes eléctricas, protecciones, control y mando y de los automatismos industriales.

Puede accederse a estas publicaciones en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>.

Igualmente pueden solicitarse ejemplares en cualquier delegación comercial de **Schneider Electric España S.A.**, o bien dirigirse a:

Centro de Formación Schneider

C/ Miquel i Badia, 8 bajos

08024 Barcelona

Telf. (93) 285 35 80

Fax: (93) 219 64 40

e-mail: [formacion@schneiderelectric.es](mailto:formacion@schneiderelectric.es)

La colección de **Publicaciones Técnicas**, junto con los Cuadernos Técnicos (ver CT-0), forma parte de la «Biblioteca Técnica» del **Grupo Schneider**.

#### **Advertencia**

Los autores declinan toda responsabilidad derivada de la utilización de las informaciones y esquemas reproducidos en la presente obra y no serán responsables de eventuales errores u omisiones, ni de las consecuencias de la aplicación de las informaciones o esquemas contenidos en la presente edición.

La reproducción total o parcial de esta Publicación Técnica está autorizada haciendo la mención obligatoria: «Reproducción de la Publicación Técnica de Schneider Electric PT073: Líneas y Cables».

# PT-073

## Líneas y cables

---



### **Manuel Llorente Antón**

Perito Industrial Electricista y Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense.

En 1959 ingresó en la División de Cables Eléctricos de Pirelli, donde permaneció hasta 1996. En esta etapa, sus actividades se extendieron, entre otras, al Departamento de Formación de Pirelli y a la redacción de información técnica para profesionales, incluyendo la preparación de un programa para cálculo de cables.

Ha publicado diversos libros y numerosos artículos que han aparecido en diferentes revistas técnicas, principalmente del sector eléctrico.

## Índice

1	Introducción	5
2	Generalidades sobre los cables eléctricos	5
2.1	Conductores	6
2.2	Aislantes	7
2.3	Protecciones	8
3	Canalizaciones	9
4	Normativa vigente: designación de cables	11
5	Determinación de la intensidad máxima admisible en un cable	13
6	Determinación de la corriente de cortocircuito	14
7	Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión	16
8	ITC-BT-06: Redes aéreas para distribución en baja tensión	19
8.1	Generalidades	19
8.2	Intensidades máximas (cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado –XLPE–, en haz, a espiral visible)	20
9	ITC-BT-07: Redes subterráneas para distribución en BT	22
9.1	Cables	22
9.2	Ejecución de las instalaciones: instalación de cables aislados	23
9.3	Ejecución de las instalaciones: puesta a tierra y continuidad del neutro	25
9.4	Intensidades máximas admisibles en servicio permanente	25
10	ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales	35
10.1	Campo de aplicación	35
10.2	Prescripciones de carácter general	37

# 1 Introducción

Como todo el mundo sabe, los cables son los elementos de una instalación destinados al transporte y distribución de la energía eléctrica desde el punto donde se genera a los lugares de consumo.

Actualmente, en las sociedades desarrolladas, la energía eléctrica es una de las materias primas más importantes para el desarrollo de actividades industriales, comerciales, sociales e, incluso, domésticas y su carencia o pérdida de calidad respecto a los niveles exigibles puede originar perturbaciones de notable impacto económico.

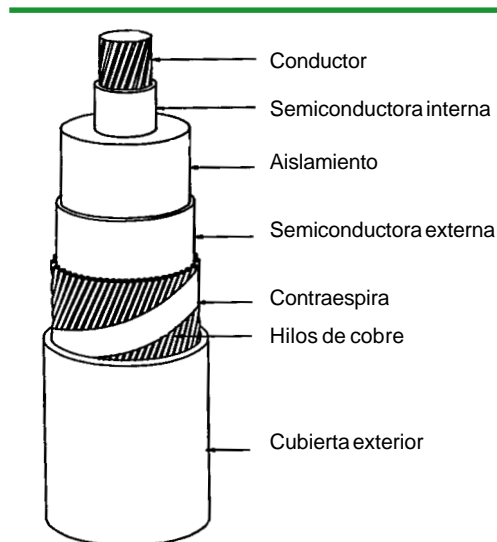
Dicha materia prima presenta una característica muy peculiar: se trata de un producto que no se puede almacenar en cantidades importantes para su empleo ulterior. La energía almacenada en pilas y acumuladores es una proporción insignificante respecto a la proporcionada por las redes públicas de suministro. Esta energía ha de generarse en el momento y cantidad que se demanda y con unas condiciones de calidad (tensión, frecuencia, etc.) que sólo se pueden controlar en el momento de su utilización.

## 2 Generalidades sobre los cables eléctricos

Por las razones mencionadas, los cables eléctricos deben de reunir una serie de características claramente definidas de fiabilidad y continuidad de servicio, que permitan que el transporte de energía se efectúe en condiciones bien controladas sin introducir alteraciones en la calidad de la energía que conducen.

En un cable eléctrico aislado se distinguen tres partes claramente diferenciadas por la naturaleza de la función que desarrollan (**figura 1**):

- conductores,
- aislamientos,
- protecciones.



**Fig. 1:** Cable eléctrico aislado.

## 2.1

### Conductores

Se trata de la parte del cable que específicamente conduce la energía eléctrica. Por lo tanto no debe de introducir ningún elemento perturbador en su calidad ni pérdidas de potencia excesivas que impidan un correcto empleo de esta materia prima.

Hablando de pérdidas, desde hace mucho tiempo se sabe que, cuando un cable es recorrido por una corriente eléctrica, se calienta. Este calentamiento se debe a la interacción de los electrones que se desplazan en el seno del conductor con los átomos que constituyen el material y es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente eléctrica que recorre el cable.

La relación de proporcionalidad entre el calor generado en el cable, expresado en vatios, y el cuadrado de la intensidad de la corriente que lo atraviesa, expresada en amperios, recibe el nombre de resistencia eléctrica, se mide en ohmios ( $\Omega$ ) y es una constante para cada material, que varía con la temperatura. Podría definirse la resistencia de un conductor como la cantidad de calor generada por el cable en un segundo, cuando es recorrido por una corriente de un amperio. Es una constante para cada tipo de material, tan particular como podría ser el peso específico.

En el caso de los cables eléctricos, experimentalmente se ha comprobado que la resistencia eléctrica es directamente proporcional a la longitud del conductor ( $L$ ), inversamente proporcional a su sección ( $S$ ) y dependiente, además, de una característica ligada a la naturaleza del material conductor a la que se denomina resistividad ( $\rho$ ).

Evidentemente, para la fabricación de cables eléctricos, interesa el empleo de materiales que, al tiempo que sean abundantes en la naturaleza y por lo tanto no excesivamente caros, presenten una resistencia eléctrica lo más reducida posible, pues así las pérdidas serán más bajas.

Se ha observado que los metales, generalmente buenos conductores, presentan unos valores mucho más reducidos de resistencia eléctrica que otros materiales no metálicos.

Denominando resistividad ( $\rho$ ) a la resistencia eléctrica de un hilo de  $1 \text{ mm}^2$  de sección y de  $1 \text{ km}$  de longitud, en corriente continua y a la temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , la de los metales está comprendida entre  $15 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$  para la plata (el mejor conductor) y  $200$  para el plomo.

A efectos de comparación, se puede decir que la resistividad de los materiales considerados aislantes puede ser del orden de un cuatrillón ( $10^{24}$ ) de veces mayor y la de los denominados semiconductores, el carbono, el germanio o el silicio que, como su nombre indica, se encuentran a medio camino, presentan una resistividad un billón ( $10^{12}$ ) de veces mayor que la de los metales y un billón de veces menor que la de los aislantes.

A título de ejemplo, un hilo de nylon de  $1 \text{ m}$  de longitud y  $1 \text{ mm}^2$  de sección presentaría una resistencia similar a la de un hilo de cobre de  $10^{24} \text{ m} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ m}$ . Como la luz recorre en un año una longitud de  $300\,000\,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = 9,46 \times 10^{15}$  metros, a esta longitud se le denomina año-luz, aquel hilo de cobre tendría una longitud de más de  $100$  millones de años-luz. Si se empleara para enlazar la tierra con la galaxia de Andrómeda, que está a  $2,5$  millones de años-luz de la tierra, se podría hacer un cable de  $40$  conductores, y si se pretendiera hacer con dicho hilo una bobina que rodeara nuestra galaxia, que tiene un diámetro de unos  $300\,000$  años-luz, dicha bobina tendría cien espiras. Cuando se dice que no hay aislamientos perfectos, se dice verdad, pero los que tenemos son bastante buenos.

Por razones económicas, salvo en muy limitadas circunstancias, no se emplea la plata como elemento constituyente de los cables eléctricos. Se suele utilizar el cobre y el aluminio, de relativa abundancia en la naturaleza.

También debe de recordarse que la resistividad de todas las sustancias conductoras varía con la temperatura. Si se denomina  $\rho_0$  a la resistividad a  $0^\circ\text{C}$ , la resistividad  $\rho$  a  $\theta^\circ\text{C}$ , sería:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$$

en donde  $\alpha$  es el coeficiente de temperatura que, en casi todos los metales, vale aproximadamente 0,004.

En el cuadro de la **figura 2** se muestran las características más importantes del cobre y del aluminio.

Así, cuando la temperatura de un conductor de cobre pasa de la del ambiente, de 20°C por ejemplo, a la máxima temperatura de servicio de un cable a plena carga, de 90°C si el aislamiento es de XLPE (polietileno reticulado), la resistencia aumentará  $(90 - 20) \cdot 0,00393 = 0,275$ , o sea, un 27,5%.

Es necesario tenerlo en cuenta cuando se calculan las caídas de tensión de una instalación.

Resumiendo, la resistencia que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica, que será una de las causas más importantes de las pérdidas que se produzcan al paso de dicha corriente, valdrá:

$$R[\Omega] = \rho \left[ \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km} \right] \cdot \frac{L [\text{km}]}{S [\text{mm}^2]}$$

	Cu	Al
Peso específico g/cm <sup>3</sup> a 20°C)	8,89	2,70
Resistividad ( $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$ a 20°C)	17,241	28,264
Coeficiente de temp. ( $\alpha$ ) (1/°C)	0,00393	0,00403

**Fig. 2:** Características del cobre y del aluminio.

## 2.2

### Aislamientos

Los aislamientos de los cables tienen por objeto impedir que la corriente que circula por los conductores se escape de éstos a lo largo de su recorrido. Su función es semejante a la de las paredes de una tubería por la que circula un líquido. Deben mantener una adecuada flexibilidad que permita su disposición en rollos, carretes o bobinas para su transporte hasta el lugar de la instalación y su colocación posterior en tubos, bandejas o zanjas sin excesivo esfuerzo. Por esta razón no se utilizan en la industria del cable aislamientos rígidos tales como la porcelana, bakelita y otros, que sí se emplean en otras situaciones.

En la industria del cable se distinguen dos grandes familias de aislamientos: termoplásticos y termoestables. Los primeros tienen la propiedad de que se reblandecen con el calor y se vuelven rígidos y quebradizos con el frío, lo que impide su tendido a bajas temperaturas. Ejemplos de estos materiales son el PVC (policloruro de vinilo) y el PE (polietileno termoplástico). Por

el contrario, los segundos mantienen una adecuada flexibilidad en el rango de las temperaturas de utilización. Por ejemplo, son termoestables, el XLPE (polietileno reticulado) o el EPR (goma etileno-propileno).

Esta dependencia con la temperatura máxima que son capaces de soportar en servicio permanente impone que, por exigencias de las normas, se limite la temperatura máxima de servicio a los 70°C en los cables con aislamiento termoplástico y a los 90°C en los de aislamiento termoestable y la de cortocircuito a los 160°C y 250°C, respectivamente. Se define la corriente de cortocircuito como una corriente de muy elevada magnitud, cuya duración no debe exceder de los 5 segundos. En adelante se denominarán estos materiales con las siglas TP y TE.

Se ha comentado que la resistividad de los materiales aislantes es 24 órdenes de magnitud, cuatrillones de veces mayor, que la de los conductores, sin embargo, la

resistencia de aislamiento de los cables se suele medir solamente en millones de ohmios (megohmios - MΩ). La razón estriba en que la sección que deberá atravesar la corriente eléctrica para escapar del cable es la superficie lateral del cilindro aislante, que rodea al conductor y la longitud se limita al espesor.

Por ejemplo, sea determinar la resistencia de aislamiento (PVC) de un cable de una longitud de un kilómetro, con un espesor aislante de 1,5 mm y un diámetro medio de 7 mm y una resistividad de  $10^{21}$  (Ω·mm<sup>2</sup>/km). En este caso, la resistencia la 1 kilómetro, es

$$L = 0,0000015 \text{ (km)} = 1,5 \cdot 10^{-6};$$

$$S = 1\,000\,000 \cdot \pi \cdot 7 = 17,28 \cdot 10^6 \text{ (mm}^2\text{)}:$$

$$R[\Omega] = \rho \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{km}} \right] \cdot \frac{L [\text{km}]}{S [\text{mm}^2]} =$$

$$= 10^{21} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{17,28 \cdot 10^6} = 86,8 \cdot 10^6 \Omega$$

En el caso de los aislamientos termoestables se deben esperar valores de las resistencias de aislamiento cien veces mayores.

## 2.3

### Protecciones

Además de las sollicitaciones eléctricas, los cables deben soportar durante su servicio otras agresiones: mecánicas, químicas, medioambientales, etc. Es lo que más adelante se denominarán «influencias externas». Esta es la misión de lo que se denomina, en general, como protecciones.

Se distinguen tres tipos distintos de protecciones:

- pantallas,
- armaduras,
- cubiertas.

#### 2.3.1.- Pantallas

Pantallas son los elementos que deben proteger a un cable contra los esfuerzos o sollicitaciones eléctricas. A su vez se diferencian en: pantallas electrostáticas, electromagnéticas y antiaccidentísticas.

■ **Pantallas electrostáticas.** Tienen por objeto confinar el campo eléctrico en su interior evitando la presencia de componentes de tensión no deseados, facilitando su derivación a tierra. Suelen tener el aspecto del papel metalizado que cubre las cajetillas de cigarrillos. Ejemplo de estas pantallas son las que cubren los pares o cuadretes de los cables de comunicaciones, o las capas semiconductoras que en los cables de media

tensión están en contacto con el conductor en la parte interior del aislamiento o con la pantalla de hilos de cobre en la parte exterior. Su función es evitar la presencia de huecos en el seno del aislamiento que pudieran dar origen a fenómenos de ionización que a medio plazo destruyeran el cable.

■ **Pantallas electromagnéticas.** Su misión fundamental consiste en evitar que la presencia de campos magnéticos ajenos afecten el buen funcionamiento de los equipos eliminando posibles acoplamientos o interferencias. Tanto pueden utilizarse para evitar que perturbaciones electromagnéticas exteriores penetren en el cable que rodean, como para evitar que aquéllas generadas en el propio cable en los momentos de conmutación afecten a circuitos sensibles situados en sus proximidades.

■ **Pantallas antiaccidentísticas.** Como su nombre indica, son las destinadas a evitar accidentes a las personas, derivando a tierra cualquier corriente de defecto provocada por el deterioro del cable, sin que ésta llegue a la superficie, que podría estar en contacto con elementos conductores ajenos a la instalación, con riesgo de contactos indirectos. Las máquinas portátiles o desplazables empleadas en las obras públicas deberían estar dotadas de este tipo de pantallas, convenientemente puestas a tierra.



### 2.3.2.- Las armaduras

Las armaduras protegen el cable contra daños mecánicos. En algún caso, convenientemente puestas a tierra, también pueden cumplir la función de pantallas antiaccidentísticas.

También en este caso se pueden diferenciar dos tipos de armaduras. Las primeras, que protegen el cable contra esfuerzos de tracción, y las segundas, que lo protegen contra esfuerzos cortantes o de cizalladura.

Las armaduras destinadas a proteger los cables contra esfuerzos de tracción están constituidas por una corona de hilos de hierro dispuestos en hélice de paso largo, que al ser estirada se aprieta contra el núcleo del cable. De esta manera si por ejemplo un cable de gran longitud está colgando de un extremo, al verse sometido al esfuerzo de tracción de su propio peso, al sufrir el estiramiento, la mencionada corona se estrechará alrededor del cable repartiendo el soporte del peso a lo

largo de toda su longitud, evitando así que la totalidad del peso actúe sobre el extremo superior de las cuerdas conductoras, de una carga de rotura baja, o del aislamiento, provocando su deterioro.

Por otro lado, las armaduras destinadas a proteger los cables contra esfuerzos cortantes están constituidas por dos cintas o flejes de hierro, colocadas en hélice de paso corto, situadas de tal manera que la más externa cubre el hueco que queda entre dos espiras consecutivas de la subyacente, permitiendo un pequeño deslizamiento que facilita hasta cierto punto el curvado del cable. De esta manera, la mayor superficie de aplicación del eventual esfuerzo cortante, protege el cable de golpes o aplastamientos. Este tipo de armaduras debe utilizarse cuando el cable deba soportar pesos excesivos, tales como el paso de vehículos, o estar enterrado en terrenos en los que sean de esperar deslizamientos, que pudieran producir aplastamientos del cable contra una superficie dura.

## 3 Canalizaciones

Llegados a este punto podemos comprender que es el tipo de canalización de la instalación el que impondrá las protecciones y la naturaleza del cable necesario en cada caso. En general, las canalizaciones se pueden agrupar en cuatro grandes apartados:

- **Canalizaciones fijas.** Son aquéllas en las que es preciso desconectar la instalación para su modificación, lo que requiere trabajos de desmontaje. Estas canalizaciones alimentan aparatos fijos. Un ejemplo sería la instalación de un edificio.

- **Canalizaciones semifijas.** El desplazamiento de los equipos se efectuará después de dejarlos sin tensión, aunque permanezcan acoplados a la red. Es el caso de algunos equipos de extracción de minería o de obras públicas.

- **Canalizaciones semimóviles.** Permiten el desplazamiento ocasional de los equipos bajo tensión durante su funcionamiento. Alimentan

aparatos semimóviles, tales como lámparas de pie o máquinas de oficina.

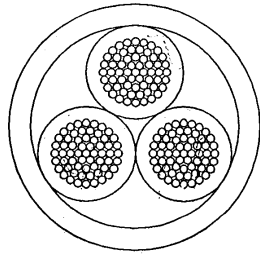
- **Canalizaciones móviles.** Permiten el desplazamiento de los equipos en tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos móviles. Por ejemplo, grúas, ascensores, montacargas, equipos de máquinas de extracción en minería, cabezales de trabajo de equipos industriales, herramientas portátiles, etc.

Evidentemente, la naturaleza de la canalización determina el tipo de cable adecuado al servicio de que se trate.

En la **figura 3** se han dibujado a la misma escala dos cables flexibles de la misma formación y sección ( $3 \times 25 \text{ mm}^2$ ). El de menor tensión nominal (750 V), al ser para instalaciones móviles, presenta mayores espesores de aislamiento y cubierta que el de 1000 V, ya que se supone que deberá soportar mayores esfuerzos mecánicos.

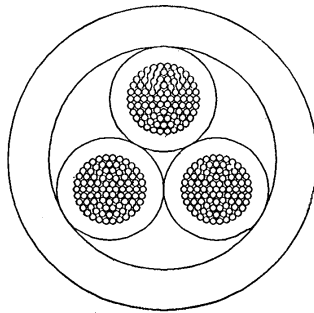
Cable con conductor flexible. 3 x 25.  
Instalación fija (UNE21123)

Tensión 0,6/1 kV



Cable flexible para servicios móviles. 3 x 25.  
Instalación móvil (UNE21027)

Tensión 450/750 V



**Fig. 3:** Cables para instalaciones fijas y móviles.

Nunca se debe utilizar un cable flexible para instalaciones fijas en la alimentación de un equipo móvil.

Las guías de utilización de las normas UNE correspondientes a cada tipo de cable indican cuál es la utilización adecuada al mismo. Así, por ejemplo, en la Guía de utilización de la norma UNE 21031 - Cables aislados con PVC de tensiones nominales  $U_0/U$  inferiores o iguales a 450/750 V, al referirse al cable habitualmente conocido como cable «manguera» indica lo siguiente:

«Cables flexibles con cubierta normal de PVC, H05VV-F (redondos).

Utilización recomendada: En locales domésticos, cocinas, oficinas; para aparatos domésticos, inclusive los que estén en locales húmedos; para esfuerzos mecánicos medios (por ejemplo, máquinas de lavar, centrifugadoras y refrigeradores).

Inadecuados para su utilización a la intemperie, en talleres industriales o agrícolas

o para la alimentación de herramientas portátiles no domésticas».

Por otro lado, en la norma UNE 21027: Cables aislados con goma de tensiones nominales  $U_0/U$  inferiores o iguales a 450/750 V se indica:

«Cables flexibles con cubierta reforzada de policloropreno u otro elastómero sintético equivalente, H07RN-F.

Utilización recomendada: En locales secos, húmedos o mojados, a la intemperie, en talleres de atmósfera explosiva; para esfuerzos mecánicos medios, por ejemplo, para aparatos de talleres industriales y agrícolas, grandes calderas, placas de calentamiento, remolques portátiles, utillajes eléctricos como taladros, sierras circulares, útiles domésticos como también para motores y máquinas transportables en construcciones y explotaciones agrícolas, etc.; utilizables también para instalaciones fijas, por ejemplo, sobre enlucido en los edificios provisionales y barracas de obras; apropiados para cableado de aparatos de elevación, de maquinaria, etc».

Evidentemente en la alimentación de la hormigonera de la **figura 4** se deberá utilizar un cable H07RN-F y nunca un H05VV-F.



**Fig. 4:** Alimentación de una hormigonera.

## 4 Normativa vigente: designación de cables

Llegados a este punto es inevitable apuntar algunas indicaciones de nuestra legislación eléctrica básica, en particular el sistema de designación de los cables, que se ha unificado para todos los países de la Unión Europea (UE).

Una de las consecuencias de nuestra integración en la UE ha sido la necesidad de adaptar nuestra reglamentación y normativa a las Directivas Comunitarias. Una de las Directivas relativa al tema que nos ocupa es la Directiva 73/23/CEE, que ha sido traspuesta a nuestra legislación por el Real Decreto 7/1988 del 8 de enero de 1988 (BOE núm. 12 del 14-1-1988), donde se especifican las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a utilizarse con tensiones nominales comprendidas entre 50 y 1000 V en corriente alterna y 75 y 1500 V en corriente continua.

El artº. 3º de dicho Real Decreto indica: «El material eléctrico incluido en el campo de aplicación de esta disposición deberá cumplir,

como mínimo, las siguientes condiciones de seguridad:

Condiciones generales:

a) Las características fundamentales, de cuyo conocimiento y observancia dependa la utilización acorde con el destino y el empleo seguro del material, figurarán en el material eléctrico o, cuando esto no sea posible, en la documentación que le acompaña».

La necesidad de desarrollar un sistema de designación de los cables eléctricos, unificado para todos los países de la Unión Europea, ha determinado la publicación de un Documento de Armonización (HD 361) del CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica), que se ha publicado en España como norma UNE 20434: «Sistema de designación de los cables».

En dicha norma se indican los «elementos fundamentales de la designación». Ver, en la tabla de la **figura 5**, un cuadro-resumen.

		Normalización	Tensión		Símbolo material aislante	Símbolo material cubierta	Construcción especial	Material conductor	Forma del conductor	Nº y sección conductores
Correspondencia con la normalización										
	Cable armonizado	H								
	Cable de tipo nacional reconocido	A								
	Cable de tipo nacional no reconocido	ES-N (1)								
Tensión nominal										
	(<100/100 V)		00							
	100/100 V; < 300/300 V)		01							
	300/300 V		03							
	300/500 V		05							
	450/750 V		07							
	0,6/1 kV		1							
	(1,7/3 kV)		3							
	(3,5/6 kV)		6							
	(6/10 kV)		10							
Símbolo material aislante y cubierta										
	Goma de etileno propileno				B	B				
	Goma butílica				B3	B3				
	Polietileno				E	E				
	Polietileno de alta densidad				E2	E2				
	Politetrafluor-etileno				E4	E4				
	Etileno-acetato de vinilo				G	G				
	Trenza de fibra de vidrio				J	J				
	Aislamiento mineral				M	M				
	Policloropreno (o neopreno)				N	N				
	Polietileno clorosulfonado (o hypalon)				N4	N4				
	Goma nitrílica				N5	N5				
	Papel impregnado aislante				P	P				
	Poliuretano				Q	Q				
	Poliestireno				Q3	Q3				
	Poliamida (o nylon)				Q4	Q4				
	Goma natural o goma SBR				R	R				
	Goma de silicona				S	S				
	Trenza textil				T	T				
	Policloruro de vinilo				V	V				
	Polietileno reticulado				X	X				
	Poliolefina termoestable de baja emisión de humos				Z	Z				
	Poliolefina termoplástica de baja emisión de humos				Z1	Z1				
Construcción especial										
	Cable plano "divisible"						H			
	Cable plano "no divisible"						H2			
Material conductor										
	Cobre (sin símbolo) o Cu							(Cu)		
	Aluminio							A		
	Material especial y/o forma especial							Z		
Forma del conductor										
	Conductor flexible para canalizaciones móviles (clase 5 de la norma UNE 21022)								F	
	Conductor extraflexible para servicios móviles (clase 6 de la norma UNE 21022)								H	
	Conductor flexible para instalaciones fijas (clase 5 de la norma UNE 21022)								K	
	Conductor rígido, de sección circular, de varios alambres cableados (clase 2 de la UNE 21022)								R	
	Conductor rígido, de sección sectorial, de varios alambres cableados								s	
	Conductor rígido, de sección circular, de un solo alambre								U	
Número y sección de los conductores										
	Número									...
	Signo "x" si no hay conductor verde-amarillo									x
	Letra "G", que sustituye al "x" si hay conductor verde-amarillo									G
	Sección del conductor en mm²									...

**Fig. 5:** Cuadro-resumen de designación de conductores.

## Determinación de la intensidad máxima admisible en un cable

La corriente eléctrica se produce en un cable debido a que se ha cerrado un circuito a través de un elemento receptor al aplicar entre sus extremos una diferencia de potencial. Es una situación semejante al caso de la turbina de una central hidroeléctrica. La diferencia de cota provoca la caída del agua que, debido a la fuerza de gravedad, adquiere velocidad incrementando su energía cinética a expensas de la pérdida de altura (energía potencial). Gran parte de esta energía cinética se cede a la turbina que está conectada a un generador, que la transforma en energía eléctrica; otra parte todavía permanece en el agua cuando ésta retorna al cauce del río aguas abajo de la central; pero una pequeña parte se ha perdido por rozamiento con las paredes de la tubería que conduce el agua a la turbina y esta parte se transforma en calor.

En un conductor eléctrico pasa algo parecido. Existe una diferencia de potencial entre los bornes de la fuente de alimentación que puede asimilarse a la altura de caída del agua, que proporciona velocidad a este líquido. Aquella diferencia de potencial proporciona velocidad, y por tanto energía cinética, a los electrones libres que hay en el seno del conductor. Electrones libres que no existen en el seno de los aislantes. Esta energía cinética se utiliza en los aparatos receptores del circuito, pero una pequeña parte se pierde, pues, al circular por el conductor los electrones, se ven frenados al tropezar con los átomos del propio conductor. Como en el ejemplo anterior, esta energía perdida se transforma en calor.

De acuerdo con la Ley de Joule, el calor generado ( $Q_G$ ), en un segundo, en un conductor recorrido por una corriente eléctrica, vale:

$$Q_G = n \cdot R_E \cdot I^2 \quad (1)$$

Donde  $n$  es el número de conductores activos (que llevan carga) de la canalización y  $R_E$  la constante de proporcionalidad conocida con el nombre de resistencia eléctrica, que ya se ha comentado, e  $I$ , la intensidad.

Parte del calor generado en el cable se disipa al medio ambiente que rodea al cable y la parte no disipada se emplea en calentar al propio cable.

El calor disipado ( $Q_D$ ) obedece a lo que podría denominarse «Ley de Ohm térmica»:

$$Q_D = \frac{\Delta\theta}{R_T} \quad (2)$$

Donde  $\Delta\theta$  es la diferencia de temperatura entre el conductor caliente y medio ambiente más frío y  $R_T$  es la resistencia que opone dicho medio a la disipación de calor.

Según se calienta el cable, aumenta la diferencia de temperatura entre el conductor y el medio ambiente, que se considera constante debido a su gran masa y, por lo tanto, aumenta la cantidad de calor disipado y disminuye la parte de calor que se puede dedicar a seguir calentando el cable.

Cuando el calor disipado es igual al calor generado en el cable ( $Q_G = Q_D$ ), ya no queda calor residual para que siga aumentando la temperatura del cable y se alcanza una temperatura de equilibrio, que no debe ser superior a la temperatura que puede alcanzar un cable sin que se dañe su estructura. Ya se ha indicado que esta temperatura máxima de servicio permanente viene indicada en las normas UNE correspondientes y es de 70°C para los cables termoplásticos (TP) y de 90°C para los termoestables (TE).

Igualando las expresiones (1) y (2); queda:

$$n \cdot R_E \cdot I^2 = \frac{\Delta\theta}{R_T}, \text{ de donde, despejando } I:$$

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta}{n \cdot R_E \cdot R_T}}, \text{ siendo:}$$

$\Delta\theta$  es la diferencia de temperatura entre el conductor y el medio que rodea el cable,  
 $n$  es el nº de conductores que efectivamente llevan corriente en la canalización,  
 $R_E$  es la resistencia eléctrica equivalente del cable,  
 $R_T$  es la resistencia térmica del medio que rodea el cable.

## 6 Determinación de la corriente de cortocircuito

En un cable un cortocircuito es una corriente de muy elevada intensidad pero de muy corta duración, seguida de una desconexión permanente. En este supuesto, los períodos de carga son tan breves que se puede suponer que el calentamiento es adiabático, es decir, que todo el calor generado  $\Delta Q = R_E \cdot I^2 \cdot dt$ , no se disipa, se queda en el conductor y se emplea en calentar el cable.

La norma UNE 21145, introduce la expresión:

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = K^2 \cdot S^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} \quad (3)$$

donde:

$I_{cc}$  es la intensidad de cortocircuito (en A),

$t_{cc}$  es la duración del cortocircuito (en s),

$K$  es una constante dependiente del material conductor,

$S$  es la sección del conductor (en mm<sup>2</sup>),

$\beta$  es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura ( $\beta = 1/\alpha$ ) del material conductor,

$\theta_f$  temperatura final del cortocircuito (en °C),

$\theta_i$  temperatura inicial del cortocircuito (en °C).

Las constantes utilizadas en la fórmula anterior son:

Material	K	$\beta$
Cobre	226	234,5
Aluminio	148	228

En cuanto a las temperaturas inicial y final del cortocircuito, dependen de la naturaleza del aislamiento y las normas UNE y el propio Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión especifican los valores correspondientes:

Aislamiento	$\theta_i$	$\theta_f$
Termoplástico	70	160
Termoestable	90	250

Sea, por ejemplo, un cable de cobre, de 50 mm<sup>2</sup> de sección aislado con XLPE (polietileno reticulado), que es un material termoestable (TE), y se desea conocer la intensidad que puede soportar durante un cortocircuito de 0,5 segundos de duración.

Dando valores a los parámetros de la expresión (3):

$$I_{cc}^2 \cdot t_{cc} = K^2 \cdot S^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i}$$

$$I_{cc}^2 \cdot 0,5 = 226^2 \cdot 50^2 \cdot \log_{nep} \frac{234,5 + 250}{234,5 + 90}$$

$$I_{cc}^2 \cdot 0,5 = 102.35 \cdot 10^6$$

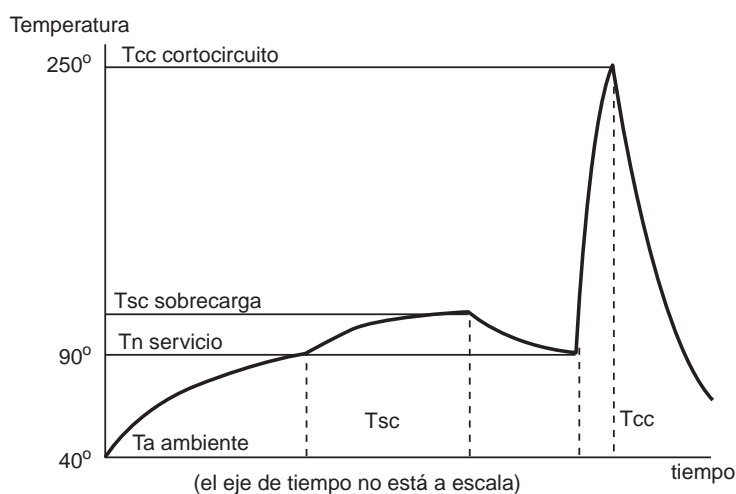
$$I_{cc} = 10117,5 \text{ A}$$

A partir de la fórmula anterior se puede deducir otra que facilite la densidad de corriente de cortocircuito en función del tiempo para un cable con un aislamiento determinado (**figura 6**).

En estas expresiones se basan las tablas de intensidades de cortocircuito que aparecen en el Reglamento de Baja Tensión (**figura 7**).

Aislamiento	Termoplástico	Termoestable
Conductor de cobre	$\frac{I_{cc}^2}{S^2} \cdot t_{cc} = K^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} =$ $= 226^2 \cdot \log_{nep} \frac{234,5 + 160}{234,5 + 70} =$ $= 226^6 \cdot 0,259 = 13229.$ $\boxed{\frac{I_{cc}}{S} = \frac{115}{\sqrt{t_{cc}}}}$	$\frac{I_{cc}^2}{S^2} \cdot t_{cc} = K^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} =$ $= 226^2 \cdot \log_{nep} \frac{234,5 + 250}{234,5 + 90} =$ $= 226^6 \cdot 0,401 = 20473.$ $\boxed{\frac{I_{cc}}{S} = \frac{143}{\sqrt{t_{cc}}}}$
Conductor de aluminio	$\frac{I_{cc}^2}{S^2} \cdot t_{cc} = K^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} =$ $= 148^2 \cdot \log_{nep} \frac{228 + 160}{228 + 70} =$ $= 148^6 \cdot 0,264 = 5782,7.$ $\boxed{\frac{I_{cc}}{S} = \frac{76}{\sqrt{t_{cc}}}}$	$\frac{I_{cc}^2}{S^2} \cdot t_{cc} = K^2 \cdot \log_{nep} \frac{\beta + \theta_f}{\beta + \theta_i} =$ $= 148^2 \cdot \log_{nep} \frac{228 + 250}{228 + 90} =$ $= 148^6 \cdot 0,408 = 8927.$ $\boxed{\frac{I_{cc}}{S} = \frac{94,5}{\sqrt{t_{cc}}}}$

**Fig. 6:** Cuadro-resumen de cálculos de la densidad de corriente de cortocircuito en función del tiempo, del tipo de aislante y del tipo de conductor.



**Fig. 7:** Gráfico de las temperaturas ambiente, de servicio, de sobrecarga y de cortocircuito (TE).



Se trata sin duda del documento básico que un profesional de la electricidad debe utilizar como guía de su trabajo, ya que su propósito ha sido el establecimiento de las condiciones y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas en relación con:

- la seguridad de las personas y de las cosas,
- el incremento de la fiabilidad de su funcionamiento,
- la unificación de las características de los suministros para simplificar la normalización industrial en la fabricación de los materiales utilizados en estas instalaciones, y
- la mejora del rendimiento económico de las inversiones.

Dicho Reglamento consta de tres partes fundamentales:

- Real Decreto,
- Articulado del Reglamento,
- Instrucciones Técnicas Complementarias.

### Real Decreto

En el texto del Real Decreto se hace referencia a la Ley 21/1992, de Industria, que enfatiza la importancia que la seguridad tiene en la realización de las instalaciones eléctricas; se alude a la obligatoriedad que tenemos de homologar nuestra normativa con la de los restantes países de la Unión Europea y a la necesidad de que dichas instalaciones se ajusten a dicha normativa que, en el caso de España, está representada por el conjunto de las Normas UNE.

	Corriente alterna (valor eficaz)	Corriente continua (valor medio)
Muy baja	$U_n \leq 50 \text{ V}$	$U_n \leq 75 \text{ V}$
Tensión usual	$50 < U_n \leq 500$	$75 < U_n \leq 750 \text{ V}$
Tensión especial	$500 < U_n \leq 1000 \text{ V}$	$750 < U_n \leq 1000 \text{ V}$

**Fig. 8:** Clasificación de tensiones.

### Articulado del Reglamento

En cuanto al articulado del Reglamento que nos ocupa, conviene destacar algunos puntos:

- 1.- Las instalaciones de baja tensión se clasifican, según las tensiones nominales que se les asignen, según la tabla de la **figura 8**.
- 2.- Las tensiones nominales usualmente utilizadas en las distribuciones de corriente alterna serán:
  - 230 V, entre fase y neutro, y
  - 400 V, entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores (230/400 V).
- 3.- La frecuencia empleada en la red será de 50 Hz, con una tolerancia de variación entre 49,85 y 50,15 Hz.

### c) Las Instrucciones Técnicas

Complementarias (ITC-BT), que desarrollan el articulado antes citado, se agrupan en once capítulos que cubren los grandes apartados en los que pueden considerarse integrados los distintos aspectos de una instalación eléctrica de baja tensión:

Capítulo 1 - Instrucciones generales.

01 - Terminología.

02 - Normas de referencia en el REBT.

Capítulo 2 - Instalaciones eléctricas.

03 - Instaladores autorizados y empresas instaladoras autorizadas.

04 - Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.

05 - Verificaciones, inspecciones y revisiones periódicas.

Capítulo 3 - Redes de distribución y alumbrado público.

06 - Redes aéreas para distribución en baja tensión.

07 - Redes subterráneas para distribución en baja tensión.



08 - Sistemas de conexión del neutro y de las masas, en las redes de distribución de energía eléctrica.

09 - Instalaciones de alumbrado exterior.

#### Capítulo 4 - Suministros en baja tensión e instalaciones de enlace.

10 - Previsión de cargas para suministros en baja tensión.

11 - Redes de distribución de energía eléctrica - acometidas.

12 - Instalaciones de enlace - esquemas.

13 - Instalaciones de enlace - caja general de protección.

14 - Instalaciones de enlace - línea general de alimentación.

15 - Instalaciones de enlace - derivaciones individuales.

16 - Instalaciones de enlace - contadores: ubicación y sistemas de instalación.

17 - Instalaciones de enlace - dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.

18 - Instalaciones de puesta a tierra.

#### Capítulo 5 - Instalaciones interiores o receptoras.

19 - Instalaciones interiores o receptoras - prescripciones generales.

20 - Instalaciones interiores o receptoras - sistemas de instalación.

21 - Instalaciones interiores o receptoras - tubos y canales protectores.

22 - Instalaciones interiores o receptoras - protección contra sobreintensidades.

23 - Instalaciones interiores o receptoras - protección contra sobretensiones.

24 - Instalaciones interiores o receptoras - protección contra los contactos directos e indirectos.

#### Capítulo 6 - Instalaciones interiores de viviendas.

25 - Instalaciones interiores en viviendas - número de circuitos y características.

26 - Instalaciones interiores en viviendas - prescripciones generales de instalación.

27 - Instalaciones interiores en viviendas - locales que contienen una bañera o ducha.

#### Capítulo 7 - Locales de pública concurrencia.

28 - Instalaciones en locales de pública concurrencia.

#### Capítulo 8 - Locales con riesgo de incendio o explosión.

29 - Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.

#### Capítulo 9 - Instalaciones en locales de características especiales.

30.1.- Instalaciones en locales húmedos.

30.2.- Instalaciones en locales mojados.

30.3.- Instalaciones en locales con riesgo de corrosión.

30.4.- Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión.

30.5.- Instalaciones en locales a temperatura elevada.

30.6.- Instalaciones en locales a muy baja temperatura.

30.7.- Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores.

30.8.- Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico.

30.9.- Instalaciones en otros locales de características especiales.

30.10.- Clasificación de las influencias externas.

#### Capítulo 10 - Instalaciones con fines especiales.

31 - Instalaciones con fines especiales - piscinas y fuentes.

32 - Instalaciones con fines especiales - máquinas de elevación y transporte.

33 - Instalaciones con fines especiales - instalaciones provisionales y temporales de obras.

34 - Instalaciones con fines especiales - ferias y stands.

35 - Instalaciones con fines especiales - establecimientos agrícolas y hortícolas.

36 - Instalaciones a muy baja tensión.

37 - Instalaciones a tensiones especiales.

38 - Quirófanos y salas de intervención (nuevo).

39 - Cercas eléctricas para ganado.

40 - Instalaciones generadoras de baja tensión.

41 - Instalaciones eléctricas en caravanas y parques de caravanas.

42 - Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo.

#### Capítulo 11 - Instalaciones de receptores.

43 - Instalación de receptores. Prescripciones generales.

44 - Receptores para alumbrado.

45 - Instalaciones interiores de viviendas - receptores: aparatos de caldeo.

46 - Instalaciones interiores de viviendas - receptores: cables y folios radiantes calefactores.

47 - Instalaciones de receptores - Motores.

48 - Instalaciones de receptores - Transformadores y autotransformadores; reactancias y rectificadores; condensadores.

49 - Instalaciones eléctricas en muebles.

50 - Instalaciones eléctricas en locales que contienen radiadores para saunas.

51 - Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificios.

Desde el punto de vista de la utilización de los cables eléctricos aislados en las instalaciones, es evidente que en todas las ITCs citadas algo habría que decir pero, en aras de una mayor brevedad, los comentarios se limitarán a las ITC 6, 7 y 19.

## 8.1

## Generalidades

Dentro de las redes aéreas se distinguen dos modalidades:

- a) Redes aéreas tensadas, que son las tendidas exentas y
- b) Redes aéreas posadas, en las que los conductores están apoyados sobre soportes en toda su longitud.

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, de aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas y serán preferentemente aislados.

Serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, según la norma UNE 21030 para las

redes tensadas o UNE 21123 para las redes posadas. En la **figura 9** puede verse la portada de la norma UNE 21030 «Conductores de aluminio aislados, cableados en haz, para líneas aéreas».

La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm<sup>2</sup> y en los de cobre de 10 mm<sup>2</sup>.

Para los cables de aluminio, en la norma UNE 21030 se especifican las formaciones indicadas en la tabla de la **figura 10**.

El Alm (ALMELEC) es una aleación de aluminio de elevada carga de rotura, que debe cumplir las especificaciones de la norma UNE 21042, y cuyo esfuerzo mínimo de rotura duplica con exceso la carga de rotura del aluminio.

En cuanto a las intensidades máximas admisibles, se han calculado considerando que el cable está tendido al aire, a la sombra, y con una temperatura ambiente de 40°C. Para condiciones distintas se aplicarán los oportunos factores de corrección.

CPU 621.315.2		Diciembre 1985
NORMA ESPAÑOLA	Conductores de aluminio aislados, cableados en haz, para líneas aéreas de 0,6/1 kV de tensión nominal	UNE 21-030-85
Medidas en mm		
INDICE		Páginas
1 OBJETO		2
2 CAMPO DE APLICACION		2
3 CONSTITUCION		2
4 ESPECIFICACIONES		3
5 DESIGNACION Y MARCAS DE LOS CONDUCTORES AISLADOS DE UN HAZ		7
6 CLASIFICACION DE LOS ENSAYOS		8
7 VERIFICACION DE LA RESISTENCIA MECANICA DE LOS CONDUCTORES		10
8 VERIFICACION DE LA RESISTENCIA DE LAS CUBIERTAS AISLANTES A LA INTEMPERIE		10
9 MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		12
10 VERIFICACION DE LA NO ASCENSION DE AGUA POR CAPILARIDAD		12
11 VERIFICACION DE LA ADHERENCIA DE LA CUBIERTA AISLANTE AL CONDUCTOR		13
12 ENSAYO DE TENSION		14
13 VERIFICACION DEL COMPORTAMIENTO A LAS ONDAS DE CHOQUE		15
14 VERIFICACION DEL COMPORTAMIENTO DEL NEUTRO FIADOR BAJO SOLICITACIONES TERMICAS Y MECANICAS		15
15 NORMAS PARA CONSULTA		17
16 CORRESPONDENCIA		17
Continúa en páginas 2 a 23		
<p>Con la colaboración de ASINEL-UNESA</p> <p>Esta 1ª Revisión anuló a la anterior de fecha Junio 1973. Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas al IRANOR - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid</p>		

**Fig. 9:** Clasificación de tensiones.

Cables sin neutro fiador	Cables con neutro fiador
2 x 16 Al	1 x 25 Al/54,6 Alm
2 x 25 Al	1 x 50 Al/54,6 Alm
4 x 16 Al	3 x 25 Al/54,6 Alm
4 x 25 Al	3 x 50 Al/54,6 Alm
4 x 50 Al	3 x 95 Al/54,6 Alm
3 x 95/50 Al	3 x 150 Al/80 Alm
3 x 150/95 Al	

**Fig.10:** Especificaciones de las formaciones indicadas por la norma UNE 21030 para los cables de aluminio.

## 8.2

### Intensidades máximas (cables formados por conductores aislados con polietileno reticulado –XLPE–, en haz, a espiral visible)

#### 8.2.1.- Cables con neutro fiador de ALMELEC para instalaciones de cables tensados

##### Figura 11

#### 8.2.2.- Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero

##### Figura 12

En este caso, los cables posados sobre los muros ofrecen más dificultad a la libre circulación del aire a su alrededor, que los mismos cables tensados, por lo que la evacuación del calor generado en los conductores por efecto Joule es menor. Por esta razón, los cables posados sobre fachadas admiten una intensidad menor que los mismos cables tensados.

#### 8.2.3.- Factores de corrección

##### 8.2.3.1.- Instalación expuesta directamente al sol.

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo

que en estos casos, se aplicará un factor de corrección de 0,9 o inferior.

##### 8.2.3.2.- Agrupación de varios cables, aislados en haz, instalados al aire.

El calentamiento mutuo de varios circuitos próximos dificulta la adecuada evacuación del calor generado por efecto Joule, por lo que, según cual sea el número de circuitos agrupados, se reducirá la intensidad admisible en cada uno de ellos, respecto a la que podrían transportar considerados separadamente.

Número de conductores por sección (en mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima (en A)
1x25 Al/54,6 Alm	110
1x50 Al/54,6 Alm	165
3x25 Al/54,6 Alm	100
3x50 Al/54,6 Alm	150
3x95 Al/54,6 Alm	230
3x150 Al/54,6 Alm	305

**Fig. 11:** Cables para instalaciones de cables tensados, con neutro fiador de ALMELEC.

Número de conductores por sección (en mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima (en A)	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2 x 16 Al	73	81
2 x 24 Al	101	109
4 x 16 Al	67	72
4 x 25 Al	90	97
4 x 50 Al	133	144
3 x 95/50 Al	207	223
3 x 150/95 Al	277	301
2 x 4 Cu	45	50
2 x 6 Cu	57	63
2 x 10 Cu	77	85
4 x 4 Cu	37	41
4 x 6 Cu	47	52
4 x 10 Cu	65	72
4 x 16 Cu	86	95

**Fig. 12:** Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero.

En la tabla de la **figura 13** se indican los factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables en haz al aire. Estos factores se aplican a cables separados entre sí, una distancia comprendida entre un diámetro y un cuarto de diámetro en tendidos horizontales con cables en el mismo plano vertical.

A efectos de cálculo se considera como diámetro de un cable en haz trenzado, 2,5 veces el diámetro del conductor de fase.

Número de cables	1	2	3	Más de 3
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75

**Fig. 13:** Factores de corrección de la intensidad máxima admisible, en caso de agrupación de varios cables en haz al aire.

#### 8.2.3.3.- Factores de corrección en función de la temperatura ambiente.

En la tabla que sigue, tomada de la tabla XI de la norma UNE 20435, figuran los factores de corrección para temperaturas diferentes a 40°C (**figura 14**).

d) Intensidades máximas de cortocircuito (en kA) admisibles en los conductores de los cables.

Siguiendo criterios semejantes a los que se indicaron en el apartado correspondiente al cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cables, se han confeccionado las tablas de la **figura 15**.

Temperatura	Factor de corrección
15	1,22
20	1,18
25	1,14
30	1,10
35	1,05
40	1,00
45	0,95
50	0,90
55	0,84

**Fig. 14:** Factores de corrección para temperaturas diferentes de 40°C.

#### Conductores de aluminio

Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	Duración del cortocircuito (en s)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	4,7	3,2	2,7	2,1	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
25	7,3	5,0	4,2	3,3	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3
50	14,7	10,1	8,5	6,6	4,6	3,8	3,3	2,9	2,7
95	27,9	19,2	16,1	12,5	8,8	7,2	6,2	5,6	5,1
150	44,1	30,4	25,5	19,8	13,9	11,4	9,9	8,8	8,1

#### Conductores de cobre

Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	Duración del cortocircuito (en s)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
4	1,86	1,33	1,10	0,87	0,63	0,53	0,47	0,42	0,39
6	2,78	1,99	1,64	1,28	0,93	0,77	0,68	0,62	0,57
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	1,92
16	7,34	5,28	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

**Fig. 15:** Intensidades máximas de cortocircuito (en kA) admisibles en los conductores de los cables.

## 9.1

## Cables

En estas instalaciones, los conductores serán de cobre o de aluminio, de tensión nominal 0,6/1 kV, aislados con materiales poliméricos (PVC, XLPE, EPR o similar), de acuerdo con lo especificado en la norma UNE 21123.

Estarán debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan verse sometidos.

La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades a transportar de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 20435, y con la caída de tensión máxima requerida para que, en ningún caso, se vea afectada la calidad de la energía suministrada a los receptores. En cualquier caso, estas secciones no serán inferiores a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> para los de aluminio.

Teniendo en cuenta la mayor capacidad de carga de los cables aislados con materiales poliméricos termoestables (XLPE o EPR), cuya temperatura de servicio en el conductor puede llegar a alcanzar los 90°C, en comparación con los aislados con materiales termoplásticos (PVC o PE), cuya temperatura no puede sobrepasar los 70°C, en la práctica no parece recomendable, desde un punto de vista económico, el empleo, en este tipo de redes, de cables aislados con PVC, por lo que en lo que sigue se omiten las referencias a los cables de 0,6/1 kV aislados con PVC, dejando este tipo de material aislante para su

utilización en la gama de las tensiones nominales iguales o inferiores a 750 V.

Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del neutro será:

a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.

b) En el caso de suministros trifásicos, con cuatro conductores, si éstos están equilibrados y exentos de armónicos «triple-N», la sección mínima del neutro podrá ser la que indica la tabla de la **figura 16**.

Conductores de fase (en mm <sup>2</sup> )	Sección del neutro (en mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

**Fig. 16:** Sección mínima del conductor de neutro.

## 9.2

## Ejecución de las instalaciones: instalación de cables aislados

Las canalizaciones discurrirán, en general, por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras, y los radios de curvatura de los cables no deberán ser inferiores a los indicados por el fabricante.

Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicadas a continuación:

- directamente enterrados,
- en canalizaciones entubadas,
- en galerías, que pueden ser:
  - visitables, en cuyo caso serán de dimensiones interiores adecuadas para la circulación de personas,
  - registrables o zanjas prefabricadas, donde no está prevista la circulación de personas.

### 9.2.1.- Directamente enterrados.

La profundidad, hasta la parte superior del cable, no será menor de 0,6 m en las aceras, ni de 0,8 m en la calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan alcanzar las citadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Se admite la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

### 9.2.2.- En canalizaciones entubadas.

Los tubos deberán ser adecuados para este tipo de instalación. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no.

### 9.2.3.- En galerías.

Como se ha indicado, se consideran dos tipos de galería, las galerías visitables, de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas, y las galerías

registrables, o zanjas prefabricadas, en las que no está prevista la circulación de personas y donde las tapas de registro precisan medios mecánicos para su manipulación.

#### 9.2.3.1.- Galerías visitables.

Las galerías visitables se usarán, preferentemente, para instalaciones eléctricas de potencia, cables de control y telecomunicaciones. En ningún caso coincidirán en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas. Su temperatura ambiente no sobrepasará los 40°C. En los casos en los que la introducción de nuevos cables pudiera incrementar esta temperatura, se reducirá la carga de los antiguos de acuerdo con la nueva temperatura ambiente aplicando los factores de corrección por temperatura que se dan más adelante.

Una vez instalados, todos los cables deberán quedar debidamente señalizados e identificados. En la identificación figurará, también, la empresa a quien pertenecen.

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 electrodinámicos que puedan presentarse durante la explotación de las redes de baja tensión, puedan moverlos o deformarlos.

En el caso de cables unipolares agrupados en mazo, los mayores esfuerzos electrodinámicos aparecen entre fases de una misma línea, como fuerza de repulsión de una fase respecto a las otras.

En este caso pueden complementarse las sujeciones de los cables con ataduras que mantengan unido el mazo.

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

Galerías de longitud superior a 400 m.

Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de:

- a) Iluminación fija en su interior,
- b) Instalaciones fijas de detección de gases tóxicos, con una sensibilidad mínima de 300 ppm,
- c) Indicadores luminosos que regulen el acceso en las entradas,
- d) Accesos de personas cada 400 m, como máximo,
- e) Alumbrado de señalización interior para informar de las salidas y referencias exteriores,
- f) Tabique de sectorización contra incendios (RF120) según NBE-CPI-96,
- g) Puertas cortafuegos (RF 90), según NBE-CPI-96,

#### 9.2.3.2.- Galerías o zanjas registrables.

En tales galerías se admite la instalación conjunta de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. Por el contrario, no se admite la coexistencia con instalaciones 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.

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

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

#### 9.2.3.3.- En atarjeas o canales registrables.

En ciertas ubicaciones con acceso restringido a personas adiestradas, como puede ser en el interior de industrias o de recintos destinados exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, podrán utilizarse canales de obra

con tapas, que normalmente enrasan con el nivel del suelo, manipulables a mano. El canal debe permitir la eficaz renovación del aire.

Dentro de las galerías, los cables pueden ir colocados en bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared.

Normalmente, este tipo de instalación sólo se empleará en subestaciones u otras instalaciones eléctricas y en la parte interior de los edificios no sometida a la intemperie, y en donde el acceso quede restringido a personal autorizado. Cuando las zonas por las que discurra el cable sean accesibles a personas o vehículos (caso de garajes, aparcamientos, túneles, etc.), deberán disponerse protecciones mecánicas que dificulten su accesibilidad.

Cuando la intensidad a transportar sea superior a la admisible por un solo conductor, se podrán utilizar varios cables en paralelo por fase, manteniendo los siguientes criterios:

- emplear conductores del mismo material, sección y longitud,
- los cables se agruparán en ternas dispuestas al tresbolillo, en uno varios niveles (**figura 17**).

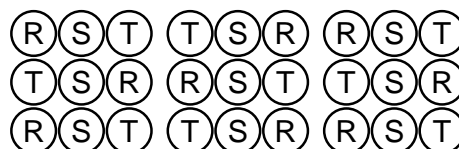
al tresbolillo



en un nivel



en ternas apliladas  
en varios niveles



**Fig. 17:** Agrupaciones de cables.



## 9.3 Ejecución de las instalaciones: puesta a tierra y continuidad del neutro

El conductor neutro deberá estar claramente identificado, sobre todo en el caso de que sea de la misma sección que la de los conductores de fase. Dicho conductor no podrá ser interrumpido, salvo que esta interrupción se efectúe por interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo) o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten las fases antes que el neutro; o por uniones amovibles en el neutro, próximas a los

interruptores o seccionadores de los conductores de fase, mediante herramientas especiales, en cuyo caso, también se deberán separar las fases antes que el neutro y conectar el neutro antes que las fases.

El conductor neutro de las redes de distribución estará conectado a tierra en el Centro de Transformación en la forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

## 9.4 Intensidades máximas admisibles en servicio permanente

### 9.4.1.- Intensidades máximas permanentes en los conductores de los cables.

En las tablas que siguen se dan los valores indicados en la norma UNE 20435 - «Guía para la elección de cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 a 30 kV», para los cables con conductores de cobre o de aluminio, aislados con polietileno reticulado (XLPE) o goma etileno-propileno (EPR).

#### 9.4.1.1.- Temperaturas máximas admisibles.

Como ya se ha indicado anteriormente, las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen, en cada caso, de la temperatura máxima que el aislamiento pueda soportar sin alteraciones de sus propiedades eléctricas, mecánicas y químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

En la tabla de la **figura 18** se especifican, con carácter informativo, las temperaturas máximas admisibles, asignadas al conductor, en servicio permanente y en cortocircuito, para algunos tipos de cables con aislamiento seco.

Estos aislamientos son representativos de los que, con carácter más general se denominan: termoplásticos (TP), que se reblandecen a temperaturas elevadas, como el PVC, o termoestables (TE), que mantienen su forma a dichas temperaturas y, por lo tanto, al

soportar mayores temperaturas de servicio, pueden transportar sin problemas mayores intensidades, tales como el XLPE.

Por esta razón, aún cuando en el Reglamento se incluye la tabla anterior, considerando que los cables que actualmente existen en el mercado, para la tensión nominal de 0,6/1 kV, prescrita para este tipo de instalaciones, son exclusivamente del tipo termoestable (XLPE, EPR o similar), carecen de interés los datos relativos al PVC por lo que, en aras de una mayor simplicidad, se suprimen en lo sucesivo los datos relativos a los cables de 0,6/1 kV, aislados con PVC.

Aislamiento	Temp. máx °C	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t_{cc} \leq 5$ s
Policloruro vinilo (PVC)		
	$S \leq 300 \text{ mm}^2$	160
	$S > 300 \text{ mm}^2$	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno propileno (EPR)	90	250

**Fig. 18:** Temperaturas de servicio y cortocircuito en los cables aislados.

#### 9.4.1.2 - Cables directamente enterrados.

A efectos del cálculo de la intensidad máxima admisible, se ha considerado la siguiente «instalación tipo».

Un solo cable tripolar o tetrapolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo o un cable bipolar o dos cables unipolares en contacto mutuo, directamente enterrados en toda su longitud en una zanja, a 0,70 m de profundidad, en un terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y con una temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25°C.

A continuación se reproducen las tablas (**figura 19**) de carga que aparecen en el REBT, que, como se ha indicado anteriormente, reproducen las indicadas en la norma UNE 20435 - «Guía para la elección de cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 a 30 kV».

Las columnas relativas a 2 cables unipolares o 1 cable bipolar no figuran en la norma UNE citada, por lo que deberán ser calculadas a efectos de este Reglamento como se indican más adelante.

La presencia del conductor neutro, si éste no lleva corriente, no modifica el valor de las intensidades admisibles.

Para la determinación de las intensidades correspondientes a los cables bipolares o a dos cables unipolares, con el fin de tener en cuenta las líneas que suministran corriente monofásica a los receptores, retomando la expresión ya citada:  $I = \sqrt{\Delta\theta / (n \cdot R_E \cdot R_T)}$ , se observa que la única diferencia entre una línea trifásica y una monofásica, cuando el tipo de cable y el modo de instalación es el mismo, es que el número de conductores cargados es  $n = 3$ , en el primer caso, y  $n = 2$ , en el segundo; luego:

$$I_2 = \sqrt{\Delta\theta / (2 \cdot R_E \cdot R_T)}$$

$$I_3 = \sqrt{\Delta\theta / (3 \cdot R_E \cdot R_T)}$$

por tanto:

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{\sqrt{\Delta\theta / (2 \cdot R_E \cdot R_T)}}{\sqrt{\Delta\theta / (3 \cdot R_E \cdot R_T)}} = \sqrt{\frac{3}{2}} = 1,225$$

Conductor	Conductores de aluminio				Conductores de cobre			
Disposición	3 cables unipolares		1 cable tripolar		3 cables unipolares		1 cable tripolar	
Tipo aislamiento	XLPE (1)	EPR (2)	XLPE (3)	EPR (4)	XLPE (5)	EPR (6)	XLPE (7)	EPR (8)
Sección (mm <sup>2</sup> )								
6	—	—	—	—	72	70	66	64
10	—	—	—	—	96	94	88	85
16	97	94	90	86	125	120	115	110
25	125	120	115	110	160	155	150	140
35	150	145	140	135	190	185	180	175
50	180	175	165	160	230	225	215	205
70	220	215	205	220	280	270	260	250
95	260	255	240	235	335	325	310	305
120	295	290	275	270	380	375	355	350
150	330	325	310	305	425	415	400	390
185	375	365	350	345	480	470	450	440
240	430	420	405	395	550	540	520	505
300	485	475	460	445	620	610	590	565
400	550	540	520	500	705	690	665	645

**Fig. 19:** Intensidades máximas admisibles en servicio permanente en instalaciones enterradas.

Por tanto, con carácter general, considerando los inevitables redondeos, se puede considerar que  $I_2 \approx 1,225 \cdot I_3$ .

Por esta razón, excepto en la ITC-BT 19, por la singular presentación de sus tablas de carga, se facilitan únicamente las correspondientes a las corrientes trifásicas, dejando al lector la tarea de calcular las intensidades correspondientes a una línea monofásica (dos conductores cargados).

Si las condiciones reales de la instalación difieren de las consideradas como

«instalación tipo», los valores de las intensidades indicados en la tabla anterior deberán modificarse para que, en ningún caso, las temperaturas alcanzadas por los conductores excedan los límites indicados para servicio permanente, utilizando los pertinentes «factores de corrección».

A continuación se exponen algunos casos (figuras 20, 21, 22 y 23), cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los «factores de corrección» a aplicar.

Temp. servicio 90°C	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Factor corrección	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

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

$$\text{Factor corrección} = \sqrt{(90 - \theta_t) / 65}$$

**Fig. 20:** Cables enterrados en terrenos cuya temperatura sea distinta a 25°C.

Tipo de cable	Resistividad térmica del terreno (en K.m/W)										
	0.80	0.85	0.90	1	1.10	1.20	1.40	1.65	2.00	2.50	2.80
Unipolar	1.09	1.06	1.04	1	0.96	0.93	0.87	0.81	0.75	0.68	0.66
Tripolar	1.07	1.05	1.03	1	0.97	0.94	0.89	0.84	0.78	0.71	0.69

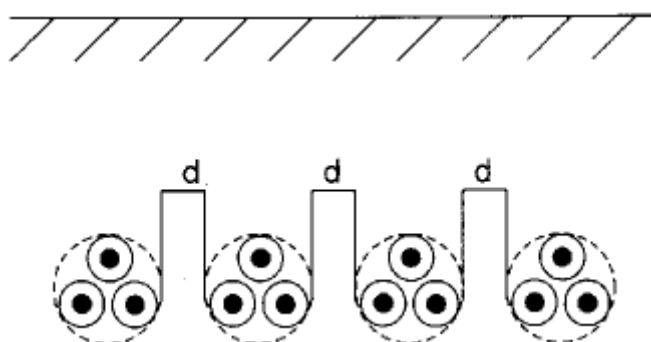
Como referencia, a continuación se dan algunos ejemplos de resistividades térmicas de terrenos en distintas situaciones medioambientales a considerar para el tendido de los cables.

Resistividad térmica del terreno (K.m/W)	Estado de terreno Humedad	Condiciones atmosféricas
0,40	inundado	
0,50	muy húmedo	muy lluvioso
0,70	húmedo	lluvia frecuente
0,85	poco húmedo	
1	normal	lluvia escasa
1,20	tierra de relleno	
1,50	arenoso seco	muy poca lluvia
2,00	piedra arenisca	
2,50	piedra caliza	
3,00	piedra granítica	

**Fig. 21:** Cables enterrados, directamente o en conducciones, en terreno de resistividad térmica distinta de 1 K.m/W.

En la tabla que sigue se indican los factores de corrección que se deben aplicar, según el número de cables tripolares o ternos de cables unipolares agrupados en una misma zanja y la distancia entre ellos.

Separación entre cables o ternos	Número de cables o ternos en zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
D = 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
D = 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
D = 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
D = 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
D = 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62



**Fig. 22:** Cables tripolares o tetrapolares o ternos de cables unipolares agrupados bajo tierra.

Profundidad (en metros)	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,95

**Fig. 23:** Cables enterrados en zanja a profundidades distintas a 70 cm.

#### 9.4.1.3 - Cables enterrados en zanjas o similares.

En este tipo de instalaciones es de aplicación todo lo establecido en el apartado 9.4.1.2, además de lo que se indica a continuación.

Se instalará un circuito por tubo. La relación entre el diámetro interior del tubo y el diámetro aparente del circuito será superior a 2, pudiéndose aceptar excepcionalmente 1,5.

Como este modo de instalación supone un incremento de la resistencia térmica respecto al enterrado directamente, se aplicarán los factores de corrección que se indican a continuación.

#### ■ Canalizaciones bajo tubos de corta longitud.

Se entiende por corta longitud las instalaciones que no superen los 15 metros. En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados de baja resistencia térmica (bentonita o similar), no será necesario aplicar ningún factor de corrección de intensidad por este motivo.

#### ■ Otras canalizaciones entubadas.

En el caso de una línea con cable tripolar o un terno de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8.

Si cada cable unipolar va por un tubo distinto, se aplicará un factor de corrección de 0,9. En este caso, los tubos no deberán ser de hierro, para evitar pérdidas por efectos magnéticos.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor de corrección por agrupamiento dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable, según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente.

#### 9.4.1.4 - Condiciones de instalación al aire (en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables).

A continuación se reproducen las tablas de carga que aparecen en el REBT que, como se ha indicado anteriormente, reproducen las indicadas en la norma UNE 20435 - «Guía para la elección de cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 a 30 kV». Como en el caso de las instalaciones directamente enterradas, a efectos de determinar la intensidad máxima admisible en instalaciones al aire se considera la siguiente instalación tipo.

Un solo cable tripolar o tetrapolar o un terno de cables unipolares en contacto mutuo, con una colocación tal que permita una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura ambiente de 40°C. Por ejemplo, con el cable colocado sobre bandejas o fijado a una pared, etc. (figura 24).

Para el cálculo de las intensidades en corrientes monofásicas vale lo indicado anteriormente, esto es, se multiplicarán las intensidades recomendadas para cables tripolares o ternas de cables unipolares por 1,225.

Estas tablas de carga pueden aplicarse a cables instalados al aire, en recintos cerrados (por ejemplo, en el interior de edificios) siempre que la temperatura ambiente sea de 40°C. En el caso de cables tendidos al sol se aplicará el factor de corrección que se indica oportunamente.

Como en el caso de las instalaciones enterradas, si las condiciones reales de la instalación difieren de las consideradas como «instalación tipo», los valores de las intensidades indicados en la tabla anterior

Conductor	Conductores de aluminio				Conductores de cobre			
	3 cables unipolares		1 cable tripolar		3 cables unipolares		1 cable tripolar	
Tipo aislamiento	XLPE	EPR	XLPE	EPR	XLPE	EPR	XLPE	EPR
Sección (mm <sup>2</sup> )								
6	—	—	—	—	46	45	44	43
10	—	—	—	—	64	62	61	60
16	67	65	64	63	86	83	82	80
25	93	90	85	82	120	115	110	105
35	115	110	105	100	145	140	135	130
50	140	135	130	125	180	175	165	160
70	180	175	165	155	230	225	210	220
95	220	215	205	195	285	280	260	250
120	260	255	235	225	335	325	300	290
150	300	290	275	260	385	375	350	335
185	350	345	315	300	450	440	400	385
240	420	400	370	360	535	515	475	460
300	480	465	425	405	615	595	545	520
400	560	545	505	475	720	700	645	610

**Fig. 24:** Intensidades máximas admisibles en servicio permanente en instalaciones al aire en galerías subterráneas.

deberán modificarse para que, en ningún caso, las temperaturas alcanzadas por los conductores excedan de los límites indicados para servicio permanente, a cuyo efecto se utilizarán los pertinentes «factores de corrección».

Por tanto, la intensidad admisible en un cable, determinada por las condiciones de instalación al aire en galerías ventiladas, cuyas características se han especificado en el apartado anterior, deberán 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 especificada de 90°C.

A continuación, se exponen algunos casos particulares (4) de instalación, cuyas características afectan al valor máximo de la intensidad admisible, indicando los coeficientes de corrección a aplicar.

■ Caso 1: Cables instalados en ambientes con temperatura distinta a 40°C.

En la tabla de la **figura 24** 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,  $\theta_s$ , (según tabla de la figura 17 – $\theta_s = 90^\circ\text{C}$ –).

■ Caso 2: Cables instalados al aire en canales o galerías pequeñas.

En ciertas condiciones de instalación (en canalillos, galerías pequeñas, etc.), en los que no hay una eficaz renovación del aire, el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire encerrado en el recinto. El incremento de temperatura por este motivo puede ser del orden de 15 K. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla anterior.

■ Caso 3: Grupos de cables instalados al aire.

En las tablas de las **figuras 26 y 27** (y las notas que les siguen) se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, en función del tipo de instalación y número de circuitos.

Temp, servicio 90°C	Temperatura ambiente, $\theta_a$ , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Factor corrección	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1	0,95	0,90	0,84	0,77

El factor de corrección para otras temperaturas del aire que rodea el cable, distintas de las de la tabla, será:

$$\text{Factor corrección} = \sqrt{(90 - \theta_a)/50}$$

**Fig. 25:** Cables instalados en ambientes con temperatura distinta a 40°C.

Tipo de instalación		Número bandejas	Nº circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1)
			1	2	3	
Bandejas perforadas (3)	Contiguos	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)	Contiguos	1	0,95	0,85	–	Tres cables en capa vertical
		2	0,95	0,85	–	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	Contiguos	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en una capa horizontal
		2	0,95	0,90	0,90	
		3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)		1	0,95	0,90	0,85	Tres cables dispuestos en trébol
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas verticales perforadas (4)		1	0,95	0,90	0,85	
		2	0,95	0,85	0,80	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)		1	0,95	0,90	0,85	
		2	0,95	0,85	0,80	
		3	0,90	0,85	0,80	

Notas:

(1) Incluye, además, el conductor neutro, si existe.

(2) Para circuitos con varios cables en paralelo, por fase, a los efectos de aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.

(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas habrá que reducir los factores.

(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas habrá que reducir los factores.

**Fig. 26:** Factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, en función del tipo de instalación y número de circuitos.



Tipo de instalación		Número bandejas	Nº circuitos trifásicos						
			1	2	3	4	6	9	
Bandejas perforadas (3)	Contiguos	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75	
		2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	
	Espaciados	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	–	
		2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–	
		3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	–	
Bandejas perforadas verticales (4)	Contiguos	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	
		2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70	
	Espaciados	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	–	
		2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	–	
	Bandejas, escaleras, soportes (3)	Contiguos	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
			2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
3			1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	
Espaciados		1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95		
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75		

Notas para las tablas c-1) y c-2):

(1) Incluye, además, el conductor neutro, si existe.

(2) Para circuitos con varios cables en paralelo, por fase, a los efectos de aplicación de esta tabla, cada grupo de tres conductores se considera como un circuito.

(3) Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas habrá que reducir los factores.

(4) Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas habrá que reducir los factores.

**Fig. 27:** Factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, en función del tipo de instalación y nº circuitos.

Como se ha podido observar, se presentan varios modos de tendido:

– cables tendidos sobre bandejas continuas (no perforadas por lo que la circulación del aire está restringida), con una separación entre cables o ternas de 1 diámetro,

– cables tendidos sobre bandejas perforadas, con una separación entre cables de 1 diámetro.

En estos casos se puede utilizar la tabla de la **figura 28**.

Número de bandejas	Número de cables o ternas									
	1	2	3	6	9	1	2	3	6	9
1	Bandejas continuas					Bandejas perforadas				
	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84	1	0,98	0,96	0,93	0,92
	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	1	0,95	0,93	0,90	0,89
	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78	1	0,94	0,92	0,89	0,88
	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76	1	0,93	0,90	0,87	0,86

**Fig. 28:** Cables tendidos sobre bandejas (continuas o perforadas) con una separación entre cables o ternas de 1 diámetro.



– cables trifásicos o ternas tendidos sobre bandejas continuas o perforadas en contacto entre sí y con la pared, por lo que la circulación del aire está restringida (tabla **figura 29**),

– cables trifásicos o ternas de cables unipolares tendidos sobre la pared o sobre estructuras verticales, con una separación entre cables de un diámetro y distanciados de la pared o estructura un mínimo de 2 cm de tal manera que se produzca una relativa circulación del aire alrededor del cable (tabla **figura 30**),

– cables trifásicos o ternas de cables unipolares tendidos sobre la pared o sobre estructuras verticales, en contacto entre sí y adosados a la pared o estructura (tabla **figura 31**).

■ Caso 4: Cables expuestos directamente al sol.

En este caso se recomienda un factor de corrección  $FC = 0,90$ .

#### 9.4.2.- Intensidades de cortocircuito admisible en los conductores.

En el apartado relativo al cálculo de las intensidades de cortocircuito se indicaba que, de acuerdo con el contenido de la norma UNE 21145, las intensidades máximas admisibles en los conductores de los cables, para los tipos de aislamiento que nos ocupan, podrían calcularse a partir de las expresiones:

$$I_{cc} \text{ (en A/mm}^2\text{)} = 94,5 \sqrt{t_{cc}}, \text{ para el aluminio}$$

$$I_{cc} \text{ (en A/mm}^2\text{)} = 143 \sqrt{t_{cc}}, \text{ para el cobre.}$$

Número de bandejas	Número de cables o ternas			
	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

**Fig. 29:** Cables trifásicos o ternas tendidos sobre bandejas continuas o perforadas en contacto entre sí y con la pared, por lo que la circulación del aire está restringida.

Número de cables o ternas	1	2	3	6	9
Factores de corrección	1	0,93	0,90	0,87	0,86

**Fig. 30:** Cables trifásicos o ternas de cables unipolares tendidos sobre la pared o sobre estructuras verticales, con una separación entre cables de 1 diámetro y distanciados de la pared o estructura un mínimo de 2 cm de tal manera que se produzca una relativa circulación del aire alrededor del cable.

Número cables o ternas	1	2	3	6	9
Factores de corrección	0,85	0,78	0,73	0,68	0,66

**Fig. 31:** Cables trifásicos o ternas de cable unipolares tendidos sobre la pared o sobre estructuras verticales, en contacto entre sí y adosados a la pared o estructura.

De acuerdo con lo que antecede, con un ligero redondeo por defecto, en el Reglamento se han incluido las tablas de la **figura 32**.

#### 9.4.3.- Otros cables o sistemas de instalación.

Para cualquier otro cable u otro sistema de instalación no contemplados en esta Instrucción, así como para cables que no figuren en las tablas anteriores, deberá consultarse la norma UNE 20435 o calcularse según la norma UNE 21144.

En el apartado 2.1 de esta Instrucción: «Instalación de cables aislados» se indica que, en los cambios de dirección, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes.

A falta de estos datos, la norma UNE 20435 indica que se tomarán como valores mínimos, para los radios de curvatura que el cable puede adoptar en su posición definitiva de servicio, los señalados en el cuadro que sigue.

Estos límites no se aplican a las curvaturas a que el cable pueda estar sometido durante su transporte o tendido, cuyos radios deberán tener un valor superior al indicado:

Cables unipolares:  $10 \cdot (D + d)$

Cables multipolares:  $7,5 \cdot (D + d)$ ,

siendo:

D = diámetro exterior cable,

d = diámetro del conductor.

#### Conductores de aluminio:

Tipo aislante	Tcc, en °C	Duración del cortocircuito, en segundos								
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	250	294	203	170	132	93	76	66	59	54

#### Conductores de cobre:

Tipo aislante	Tcc, en °C	Duración del cortocircuito, en segundos								
		0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	250	449	318	259	201	142	116	100	90	82

**Fig. 32:** Densidades de corriente de cortocircuito, para conductores de cobre y aluminio.

Posiblemente se trata de una de las Instrucciones del Reglamento que presenta más novedades respecto al de 1973. Está redactada de tal forma que requiere una permanente consulta a las normas UNE, en particular a la serie de normas UNE 20460 - «Instalaciones eléctricas en edificios».

Esta norma es la transposición a la normativa española del HD 384 (Documento de Armonización del CENELEC) y constituye el elemento base del nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Está estructurada en siete partes:

- 1 - Campo de aplicación.
- 2 - Definiciones.
- 3 - Determinación de las características generales.
- 4 - Protecciones para garantizar la seguridad.
- 5 - Elección e instalación de los equipos eléctricos.
- 6 - Verificación y mantenimiento de las instalaciones.
- 7 - Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales.

Cada una de estas partes, está dividida en varios capítulos. En particular, la parte 5 incluye los siguientes:

5.1 - Reglas comunes a todos los materiales eléctricos.

5.2 - Canalizaciones.

5.3 - Aparellaje.

5.4 - Tomas de tierra y conductores de protección.

5.5 - Otros materiales.

A su vez, cada capítulo se subdivide en distintos apartados. Así, el capítulo 5.2 «Canalizaciones», comprende:

5.2.1 - Modos de instalación.

5.2.2 - Elección de las canalizaciones según «influencias externas».

5.2.3 - Corrientes admisibles.

5.2.4 - Caídas de tensión.

5.2.5 - Sección del conductor neutro.

5.2.6 - Conexiones.

5.2.7 - Condiciones generales de instalación.

5.2.8 - Instalación de los conductores.

5.2.9 - Reglas particulares a las distintas formas de instalación.

En la **figura 33** pueden verse diversos modos de instalación.

### 10.1 Campo de aplicación

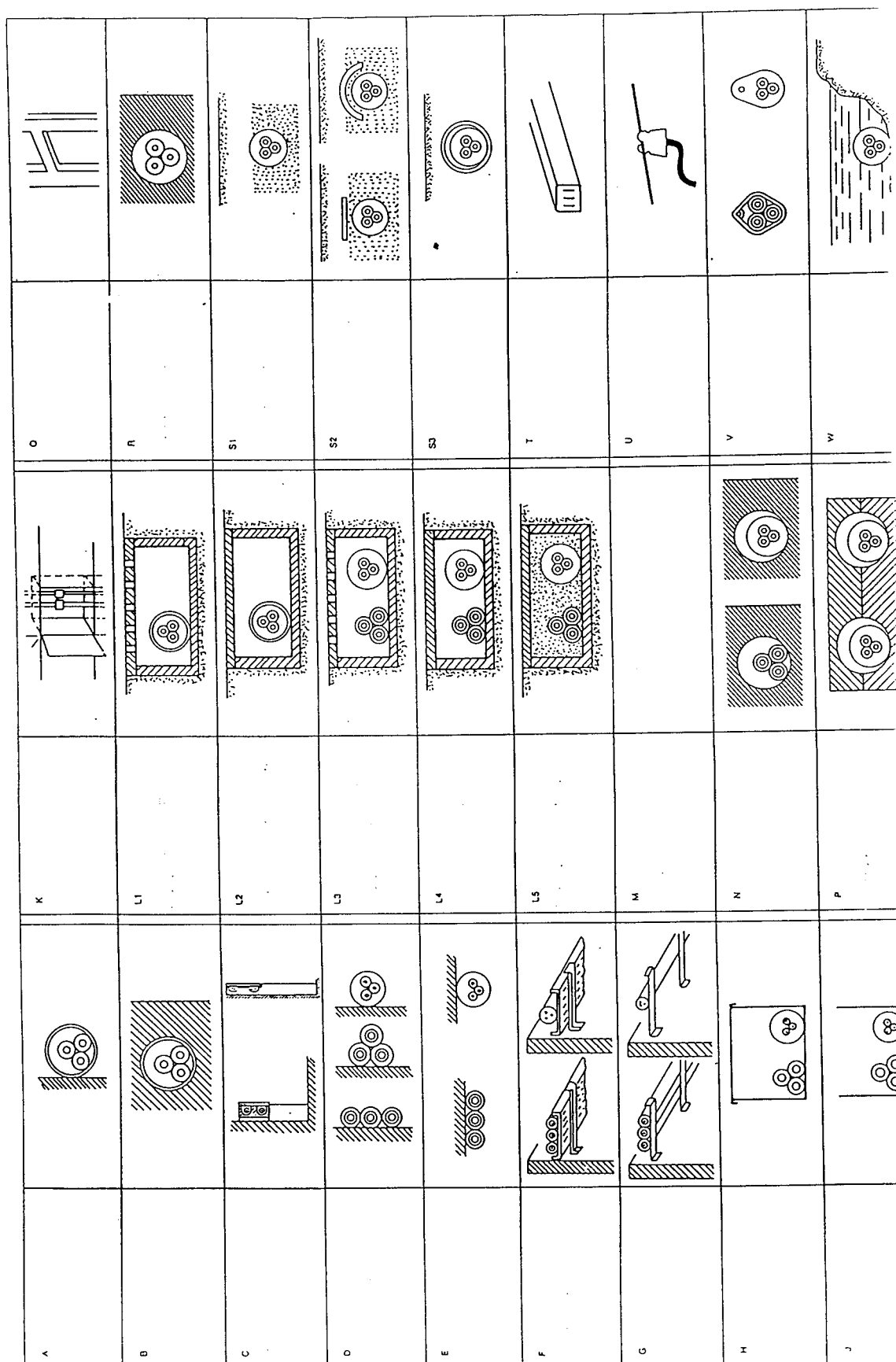
Esta Instrucción afecta a las instalaciones señaladas en la Norma UNE 20460 - parte 1: «Instalaciones eléctricas en edificios - Campo de aplicación».

En dicha norma UNE se especifica que lo que sigue se refiere a las instalaciones eléctricas en:

- edificios residenciales,
- edificios comerciales,
- establecimientos públicos,
- establecimientos industriales,

- establecimientos agrícolas y hortícolas,
- edificios prefabricados,
- caravanas y terrenos de acampada e instalaciones análogas,
- obras, fiestas, ferias, exposiciones y otras instalaciones temporales.

También se indica que no se aplica, por ejemplo, a instalaciones de alumbrado público u otras que dispongan de una reglamentación específica (minas, barcos, ferrocarriles, automóviles, etc.).



**Fig. 33:** Diversos modos de instalación.

## 10.2 Prescripciones de carácter general

### 10.2.1.- Regla general.

La determinación de las características de la instalación deberá efectuarse de acuerdo con lo señalado en la norma UNE 20460-3.-

«Instalaciones eléctricas en edificios - Determinación de las características generales», donde se indica que las características de una instalación deberán ajustarse a las peculiaridades de la misma, de acuerdo con lo prescrito en los siguientes apartados:

- la utilización prevista de la instalación, su estructura general y sus alimentaciones (apartado 31),
- las influencias externas a las que la instalación estará sometida (anexo ZB),
- la compatibilidad de sus materiales (apartado 33),
- su mantenibilidad (apartado 34).

En el apartado 31, se especifican los parámetros que se han de fijar: sistemas de distribución; esquemas de distribución; esquemas de puesta a tierra (TN-S, TN-C-S, TN-C, TT, IT); naturaleza de la corriente y frecuencia; valor de la tensión nominal; valor de la intensidad de cortocircuito presumible en el origen de la instalación y posibilidad de satisfacer las prescripciones de la instalación, incluida la máxima demanda.

Una novedad que presenta este nuevo Reglamento es la descripción pormenorizada de las influencias externas (anexo ZB) que pueden afectar al buen funcionamiento y/o la seguridad de las instalaciones. Dichos factores se clasifican en tres grandes apartados:

- efectos derivados del medio ambiente,
- riesgos derivados de la utilización de la instalación por los usuarios y
- de la naturaleza de los elementos de la construcción de los edificios.

Así, por lo que respecta al medio ambiente (A) donde se ubicará la instalación, se considerarán los posibles efectos de la temperatura (AA) y humedad ambiente (AB); altitud (AC); presencia de agua (AD); presencia de cuerpos sólidos extraños (AE); presencia de sustancias corrosivas (AF); riesgo de choques (AG), vibraciones (AH) u

otras acciones mecánicas (AJ); presencia de flora y moho (AK); presencia de fauna (ratas, etc.) (AL); influencias electromagnéticas, electrostáticas o radiaciones ionizantes (AM); radiación solar (AN); efectos sísmicos (AP); rayo, nivel cerámico (AQ); movimiento del aire (AR) y viento (AS) (**figura 34**)

Por lo que se refiere a la utilización de la instalación por los usuarios (B), se recomienda que ésta se adapte a su grado de capacitación (BA); impedancia eléctrica del cuerpo humano según su estado (BB); riesgo de contacto con tierra (BC); posibilidades de evacuación del personal afectado en caso de emergencia (BD) y naturaleza de los materiales almacenados o fabricados en el local de que se trate (BE) (**figura 35**).

Finalmente, en los edificios (C) el diseño de las instalaciones deberá efectuarse dependiendo de la naturaleza de los materiales empleados en su construcción (CA) o de su diseño (CB).

### 10.2.2.- Conductores activos.

#### 10.2.2.1.- Naturaleza de los conductores.

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o de aluminio y serán siempre aislados.

#### 10.2.2.2.- Sección de los conductores. Caídas de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las instrucciones particulares, menor del 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas y, para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

ANEXO A (Informativo)

LISTA ABREVIADA DE LAS INFLUENCIAS EXTERNAS

Medio ambiente													
A	AA	Temperatura (°C)			AF	Corrosión		AL	Fauna		AR	Movimiento del aire	
	AA1	-60	°C	+5	AF1	Despreciable		AL1	No peligrosa		AR1	Bajo	
	AA2	-40	°C	+5	AF2	Atmosférica		AL2	Peligrosa		AR2	Medio	
	AA3	-25	°C	+5	AF3	Intermitente					AR3	Alto	
	AA4	-5	°C	+40	AF4	Permanente							
	AA5	+5	°C	+40									
	AA6	+5	°C	+60									
	AB	Humedad y temperatura			AG	Choques		AM	Radiaciones		AS	Viento	
					AG1	Débiles		AM1	Despreciables		AS1	Bajo	
					AG2	Medios		AM2	Corrientes vagabundas		AS2	Medio	
					AG3	Importantes		AM3	Electromagnéticas		AS3	Alto	
								AM4	Ionizantes				
								AM5	Electrostáticas				
								AM6	Inducidas				
	AC	Altitud (m)			AH	Vibraciones		AN	Solar				
	AC1	≤2 000			AH1	Débiles		AN1	Baja				
	AC2	>2 000			AH2	Medias		AN2	Media				
					AH3	Importantes		AN3	Alta				
	AD	Agua			AJ	Otras acciones mecánicas		AP	Sísmica				
	AD1	Despreciable						AP1	Despreciable				
	AD2	Gotas						AP2	Débil				
	AD3	Agua pulverizada						AP3	Media				
	AD4	Proyecciones						AP4	Fuerte				
	AD5	Chorro											
	AD6	Olas											
	AD7	Inmersión											
	AD8	Sumersión											
	AE	Cuerpos extraños			AK	Flora		AQ	Rayo				
	AE1	Despreciables			AK1	No peligrosa		AQ1	Despreciable				
	AE2	Pequeños			AK2	Peligrosa		AQ2	Indirecto				
	AE3	Muy pequeños						AQ3	Directo				
	AE4	Polvo ligero											
	AE5	Polvo moderado											
	AE6	Polvo abundante											

(Continúa)

Fig. 34: Lista abreviada de las influencias externas (página 12 de la norma UNE 20460).

ANEXO A (Informativo) (Fin)

LISTA ABREVIADA DE LAS INFLUENCIAS EXTERNAS

Utilización											
B	BA	Capacitación			BC	Contactos con tierra		BE	Materias		
	BA1	Ordinarias			BC1	Nulo		BE1	Sin riesgo		
	BA2	Niños			BC2	Bajo		BE2	Incendio		
	BA3	Disminuidos			BC3	Frecuente		BE3	Explosión		
	BA4	Informados			BC4	Continuo		BE4	Contaminación		
	BA5	Cualificados									
	BB	Resistencia			BD	Evacuación					
					BD1	Normal					
					BD2	Difícil					
					BD3	Atestado					
					BD4	Difícil y atestado					
Edificios											
C	CA	Materiales			CB	Diseño					
	CA1	No combustibles			CB1	Despreciable					
	CA2	Combustibles			CB2	Propagación de incendio					
					CB3	Movimientos estructurales					
					CB4	Flexible					

Fig. 35: Lista abreviada de las influencias externas (página 13 de la norma UNE 20460).

Para instalaciones industriales que se alimenten directamente desde la alta tensión, mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso, las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las Instrucciones del presente Reglamento y, en su defecto, con las indicaciones facilitadas por el usuario, considerando una utilización racional de los aparatos.

En las instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del neutro será, como mínimo, igual a la de las fases.

### 10.2.2.3 - Intensidades máximas admisibles.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20460-5-523 y su anexo nacional.

En la página 4 de la Instr. MI BT 017 del Reglamento de 1973 se incluían dos tablas de carga que, dependiendo del sistema de instalación: «al aire o directamente empotrados» o «bajo tubo o conducto», facilitaban las intensidades para cada sección de cable (**figura 36**).

En el reglamento actual se incluyen once tablas de carga, que se describen en la norma UNE 20460-5-523, cuyo título completo es: Norma UNE 20460 «Instalaciones eléctricas en edificios»; parte 5: «Selección e instalación de materiales eléctricos»; sección 523: «Corrientes admisibles» (**figura 37**).

Dicha norma considera 46 modos de instalación distintos: (bajo tubo, en bandeja, en contacto, al aire, etc.) descritos en la

**Tabla I**

*Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre aislados con goma, o con policloruro de vinilo. (Servicio Permanente) - Temperatura ambiente = 40 °C.*

Sección nominal mm <sup>2</sup> (5)	Al aire o directamente empotrados					Bajo tubo o conducto (4)				
	Un solo cable			Varios cables		Un solo cable			Varios cables	
	1 Unipolar	1 Bipolar	1 Tripolar(1)	2 Unipolares	3 Unipolares(3)	1 Unipolar (2)	1 Bipolar	1 Tripolar (1)	2 Unipolares	3 Unipolares (3)
0,5	7,5	5,5	5	6	5,5	7	5	4,5	5,5	5
0,75	10	8	6,5	8,5	7	9	7	6	7,5	6,5
1	13	10,5	9,5	12	9	12	8,5	7,5	9,5	8,5
1,5	17	13	12	15	12	15	12	10	12	11
2,5	23	18	17	21	17	21	16	14	17	15
4	31	25	23	28	23	28	22	19	23	20
6	40	32	29	36	29	34	28	24	29	26
10	55	44	40	50	40	49	38	34	40	36
16	74	59	54	67	54	64	51	44	54	48
25	97	78	71	88	73	85	68	59	71	64
35	120	97	88	110	87	110	83	72	88	78
50	145	115	105	130	110	130	98	85	110	95
70	185	140	120	165	140	160	118	100	135	120
95	225	166	145	200	180	200	140	120	165	145
120	260	—	—	235	210	230	—	—	190	170
150	300	—	—	270	240	265	—	—	220	195

- (1) Los mismos valores se aplican a los cables de 4 conductores, constituidos por tres fases y neutro, o tres fases y protección, y a los de 5 conductores, constituidos por tres fases, neutro y protección.  
(2) Sólo aplicable para corriente continua en cualquier clase de tubo o para corriente alterna en tubos de material no ferromagnético.  
(3) Los mismos valores se aplican al agrupamiento de 4 ó 5 conductores para suministros trifásicos con neutro y/o protección.  
(4) Ver apartado 2.1.4 «Factores de corrección».  
(5) No todas las secciones nominales son de fabricación normal para todas las composiciones de cables en ambos tipos de aislamiento. Véanse las normas UNE 21 027 1.ª R. y 21 031.

**Fig. 36:** Reproducción de la tabla I de la Instrucción MI BT 017.



November 1994

<div>NORMA ESPAÑOLA</div>	<div> <div>Instalaciones eléctricas de edificios</div> <div>PARTE 5: SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE MATERIALES ELÉCTRICOS</div> <div>Capítulo 52: Canalizaciones</div> <div>Sección 523: Corrientes admisibles</div> </div>	<div> <div>UNE</div> <div>20-460-94</div> <div>Parte 5-523</div> </div>
-------------------------------	---	---

ÍNDICE	
	Páginas
INTRODUCCIÓN NACIONAL .....	2
ANTECEDENTES .....	3
PARTE 1	
523.0 OBJETO .....	5
523.1 GENERALIDADES .....	5
523.2 TEMPERATURA AMBIENTE .....	6
523.3 DISPONIBLE .....	6
523.4 DISPONIBLE .....	6
523.5 NÚMERO DE CONDUCTORES CARGADOS .....	6
523.6 CONDUCTORES EN PARALELO .....	6
523.7 VARIACIONES DE LAS CONDICIONES DE INSTALACIÓN A LO LARGO DE UN RECORRIDO .....	7
ANEXO ZA OTRAS PUBLICACIONES INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA .....	8
ANEXO NACIONAL	
NORMAS PARA CONSULTA .....	9
CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS .....	9
PARTE 2	
ANEXO A INTENSIDADES ADMISIBLES EN LOS CABLES Y CONDUCTORES AISLADOS .....	11
PARTE 3	
ANEXO NACIONAL INTENSIDADES EN CABLES SUBTERRÁNEOS ....	45

Continúa en páginas 2 a 49

<div>Secretaría del CTN AENOR</div>	<div>Las observaciones relativas a la presente norma deben ser dirigidas a AENOR - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid</div>	<div>Equivalente a: HD 384-5-523 S1:1991</div>
---	---	--

Imprime y edita: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) - Fernández de la Hoz, 52 - 28010 Madrid - Teléfono 3 10 48 51 - Reproducción prohibida

UNE 20-460-94 /5-523

© AENOR 1994

Depósito legal: M 36 459-94

 Electrical installations of buildings. Part 5: Selection and erection of electrical  
equipment. Chapter 52: Wiring systems. Section 523: Current-carrying capacities.  
Installations électriques des bâtiments. Partie 5: Choix et mise en oeuvre des  
matériels électriques. Chapitre 52: Canalisations. Section 523: Courants admissibles.

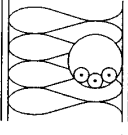
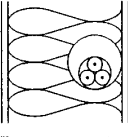
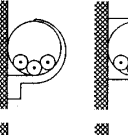
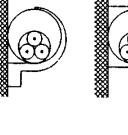
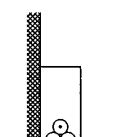
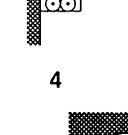


Grupo 25

**Fig. 37:** Reproducción de la primera página de la norma UNE 20460-5-523.



## 10 MÉTODOS DE INSTALACIÓN

**Tabla 52-B2**  
**Tabla de métodos de instalación**  
 Facilita las indicaciones para determinar las corrientes  
 admisibles para otros métodos diferentes al de referencia


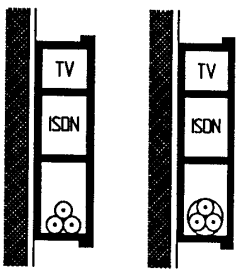


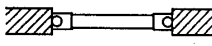
Ref.	Tipo de instalación	Descripción	Método de referencia a utilizar para corrientes admisibles (tabla 52-B1)
1	2	3	4
1	 Local	Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes <sup>1) 3)</sup>	A
2	 Local	Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes <sup>1) 3)</sup>	A2
3		Conductores aislados en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior en 0,3 veces el diámetro del tubo	B
3A		Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia interior 0,3 veces el diámetro del tubo	B2
4		Conductores aislados en conductos de sección no circular instalados sobre pared de madera	B
4A		Cables multiconductores en conductos de sección no circular instalados sobre pared de madera	4)
5		Conductores aislados en conductos empotrados en pared de obra <sup>2)</sup>	B
5A		Cables multiconductores en conductos empotrados en pared de obra <sup>2)</sup>	(En estudio)

(Continúa)

- 1) La pared interior tiene una conductividad térmica no inferior a  $10 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ .
- 2) La resistividad térmica de la obra de albañilería no es superior a  $2 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ .
- 3) Para un cable multiconductor directamente en pared aislada, véase 51.
- 4) En estudio, puede utilizarse los valores dados para el método B2.

**Fig. 38:** Reproducción de la página 17 de la norma UNE 20460-5-523.

**Tabla 52-B2**  
**Tabla de métodos de instalación**  
 Facilita las indicaciones para determinar las corrientes  
 admisibles para otros métodos diferentes al de referencia

Ref.	Tipo de instalación	Descripción	Método de referencia a utilizar para corrientes admisibles (tabla 52-B1)
1	2	3	4
71		Conductores aislados en molduras <sup>1)</sup>	A
72		Conductores aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados	B <sup>1)</sup>
72A		Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados	B2
73		Conductores aislados en conductos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de las puertas <sup>1)</sup>	A
74		Conductores aislados en tubos o cables uni o multiconductores, dentro de los marcos de ventanas <sup>1)</sup>	A

*(Fin)*

1) Se supone que la conductividad térmica del medio circundante es baja debido a los materiales de construcción y a los posibles espacios de aire.

Cuando la construcción es térmicamente equivalente a los métodos 31 ó 32, pueden utilizarse los métodos de referencia B o B2.

**Fig. 39:** Reproducción de la página 23 de la norma UNE 20460-5-523.

norma UNE 20460-5-52 y los agrupa en ocho tipos de instalación «de referencia», cuya resistencia a la evacuación del calor generado por efecto Joule es similar (**figuras 38 y 39**).

Las ocho «instalaciones de referencia» vienen definidas de acuerdo con los modos de instalación que se citan a continuación:

- A: Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes.
- A2: Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.
- B: Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.
- B2: Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra.

- C: Cables multiconductores directamente sobre la pared o en bandeja no perforada.
- E: Cables multiconductores al aire libre o en bandeja perforada, separados de la pared una distancia superior a 0,3 Ø.
- F: Cables unipolares en contacto mutuo al aire o en bandeja perforada, separados de la pared una distancia superior a un diámetro.
- G: Cables unipolares al aire, separados entre sí y de la pared una distancia superior a un diámetro.

El proyectista de la instalación decidirá cuál de las instalaciones «de referencia» se aproxima más al caso particular de que se trate.

Según cual sea la combinación de número de conductores cargados: 2x (monofásico) ó 3x (trifásico) y características de material aislante: termoplástico (TP) (PVC, Z1 o térmicamente similar) o termoestable (TE) (XLPE, EPR, Z o similar) se determinará la tabla de cargas, de un total de once, calculadas para una temperatura ambiente de 40°C, que se deberá aplicar en el citado caso particular (**figura 41**, página siguiente).

Para otras temperaturas, métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cables, no previstos anteriormente, así como para conductores enterrados se remite a la citada Norma UNE 20460-5-523.

Sección conductores de fase de la instalación S (en mm <sup>2</sup> )	Sección mínima conductores de protección S <sub>p</sub> (en mm <sup>2</sup> )
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

(\*):

2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.

4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen protección mecánica.

**Fig. 40:** Sección mínima de los conductores de protección.

#### 10.2.2.4 - Identificación de los conductores.

Los conductores de la instalación deberán ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor de neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación, o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificará éste por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color amarillo-verde. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquéllos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar las tres fases con colores diferentes se añadirá el color gris.

#### 10.2.3 - Conductores de protección.

Se aplicará lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54, en su apartado 543. Como ejemplo, para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, aquéllos tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla que sigue, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación (**figura 40**).

Para otras condiciones se aplicarán las indicaciones de la norma UNE 20460-5-54, apartado 543, donde se indica que la sección mínima del conductor de protección debe venir determinada, para tiempos de corte de la corriente de defecto inferiores a 5s, por la expresión:

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

donde:

S es la sección del conductor de protección, en mm<sup>2</sup>;

I es el valor eficaz de la corriente de defecto, que puede atravesar el dispositivo de protección, para un defecto de impedancia despreciable, en amperios;

t es el tiempo de funcionamiento del dispositivo de corte, en s;

k es un factor cuyo valor depende de la naturaleza del material del conductor de protección, de sus aislamientos, y de las temperaturas inicial y final del conductor durante el defecto.

**Tabla 52-C20**  
**Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C**  
**Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento**

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos <sup>2)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos <sup>2)</sup> en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared <sup>3)</sup>					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre <sup>4)</sup> . Distancia a la pared no inferior a 0,3 D <sup>5)</sup>						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo <sup>4)</sup> . Distancia a la pared no inferior a D <sup>5)</sup>							3x PVC			3x XLPE o EPR <sup>1)</sup>	
G		Cables unipolares separados mínimo D <sup>5)</sup>									3x PVC <sup>1)</sup>		3x XLPE o EPR
		m <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821
Aluminio		2,5	11,5	12	13,5	14	16	17,5	-	20	22	25	-
		4	15	16	18,5	19	22	24	-	25	29	35	-
		6	20	21	24	25	28	30	-	35	38	45	-
		10	27	28	32	34	38	42	-	47	53	61	-
		16	36	38	42	46	51	56	-	65	70	83	-
		25	46	50	54	61	64	71	73	82	88	94	126
		35		61	67	75	78	88	92	102	109	117	157
		50		73	80	90	96	106	110	124	133	145	191
		70				116	122	136	144	158	170	187	247
		95				140	148	167	177	192	207	230	302
		120				162	171	193	206	223	239	269	352
		150				187	197	223	238	258	277	312	406
		185				212	225	236	274	294	316	359	469
		240				248	265	300	326	348	372	429	556
		300				285	305	347	378	400	429	498	644

Véanse llamadas en página siguiente.

**Fig. 41:** Reproducción de la página 39 de la norma UNE 20460-5-523.

En el caso de conductores de protección aislados, no incorporados a cables multiconductores, los valores de k son los que aparecen en el cuadro de la **figura 42**.

En la instalación de los conductores de protección se tendrá en cuenta:

- Si se aplican diferentes sistemas de instalación en instalaciones próximas, se empleará para cada uno de los sistemas un conductor de protección distinto. Los sistemas a utilizar estarán de acuerdo con los indicados en la norma UNE 20460-3. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia mecánica, según ITC 21 para canalizaciones empotradas.
- No se utilizará un conductor de protección común para instalaciones de tensiones nominales diferentes.
- Si los conductores activos van en el interior de una envolvente común, se recomienda incluir también dentro de ella al conductor de protección, en cuyo caso presentará el mismo aislamiento que los otros conductores. Cuando el conductor de protección se instale fuera de esta canalización seguirá el curso de la misma.
- En una canalización móvil todos los conductores, incluyendo el conductor de protección, irán en la misma canalización.
- En el caso de canalizaciones que incluyan conductores con aislamiento mineral, la cubierta exterior de estos conductores podrá

utilizarse como conductor de protección de los circuitos correspondientes, siempre que su continuidad quede perfectamente asegurada y su conductividad sea como mínimo igual a la que resulte de la aplicación de la norma UNE 20460-5-54, apartado 543.

- Cuando las canalizaciones estén constituidas por conductores aislados colocados bajo tubos de material ferromagnético, o por cables que contienen una armadura metálica, los conductores de protección se colocarán en los mismos tubos o formarán parte de los mismos cables que los conductores activos.
- Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de los elementos de la construcción.
- Las conexiones de estos conductores se realizarán por medio de uniones soldadas sin empleo de ácido o por piezas de conexión de apriete por rosca, debiendo ser accesibles para verificación y ensayo. Estas piezas serán de material inoxidable y los tornillos de apriete, si se usan, estarán previstos para evitar su desapriete. Se considera que los dispositivos que cumplen con la norma UNE-EN 60998-2-1 cumplen con esta prescripción.
- Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes (por ejemplo, cobre-aluminio).

Tabla 54 B de la norma UNE 20460-5-54

	Aislamiento de los conductores de protección	
	Termoplástico (PVC o similar)	Termoestable (XLPE, EPR o similar)
Temperatura final	160°C	250°C
Material conductor	K	
Cobre	143	176
Aluminio	95	116
Acero	52	64

**Fig. 42:** Aislamiento de los conductores de protección.

#### 10.2.4 - Subdivisión de las instalaciones.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo, a un sector de un edificio, a un piso, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les preceden.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, a fin de:

- evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo,
- facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos,
- evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si sólo hay un circuito de alumbrado.

En el caso de las viviendas, esta subdivisión viene impuesta por el grado de electrificación (ITC-BT 25 - número de circuitos y sus características).

#### 10.2.5 - Equilibrado de cargas.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquélla quede repartida entre sus fases o conductores polares.

#### 10.2.6 - Posibilidad de separación de la alimentación.

Se podrán desconectar de la fuente de alimentación de energía, las siguientes instalaciones:

- toda instalación cuyo origen esté en una línea general de alimentación,
- toda instalación con origen en un cuadro de mando o de distribución.

Los dispositivos admitidos para esta desconexión, que garantizarán la separación omnipolar, excepto en el neutro de las redes TN-C, son:

- los cortacircuitos fusibles.
- los seccionadores.
- los interruptores con separación de contactos mayor de 3 mm o con nivel de seguridad equivalente.
- los bornes de conexión, sólo en caso de derivación de un circuito.

Los dispositivos de desconexión se situarán y actuarán en un mismo punto de la instalación. Cuando esta condición resulte de difícil cumplimiento, se colocarán instrucciones o avisos aclaratorios. Los dispositivos deberán ser accesibles y estarán dispuestos de forma que permitan fácil identificación de la parte de la instalación que separan.

#### 10.2.7 - Posibilidad de conectar y desconectar en carga.

Se instalarán dispositivos apropiados que permitan conectar y desconectar en carga en una sola maniobra, en:

- a) Toda instalación interior o receptora en su origen, circuitos principales y cuadros secundarios. Podrán exceptuarse de esta prescripción los circuitos destinados a relojes, a rectificadores para instalaciones telefónicas cuya potencia nominal no exceda de 500 VA y los circuitos de mando o control, siempre que su desconexión impida cumplir alguna función importante para la seguridad de la instalación. Estos circuitos podrán desconectarse mediante dispositivos independientes del general de la instalación.
- b) Cualquier receptor.
- c) Todo circuito auxiliar para mando o control, excepto los destinados a la tarificación de la energía.
- d) Toda instalación de aparatos de elevación o transporte, en su conjunto.
- e) Todo circuito de alimentación en baja tensión destinado a una instalación de tubos luminosos de descarga en alta tensión.
- f) Toda instalación de locales que presenten riesgo de incendio o explosión.
- g) Las instalaciones a la intemperie.
- h) Los circuitos con origen en cuadros de distribución.

- i) Las instalaciones de acumuladores.
- j) Los circuitos de salida de generadores.

Los dispositivos admitidos para la conexión y desconexión en carga son:

- Los interruptores manuales.
- Los cortacircuitos fusibles de accionamiento manual, o cualquier otro sistema aislado que permita estas maniobras siempre que tengan poder de corte y de cierre adecuado e independiente del operador.

- Las clavijas de las tomas de corriente de intensidad nominal no superior a 16 A.

Deberán ser de corte omnipolar los dispositivos siguientes:

- Los situados en el cuadro general y secundarios de toda instalación interior o receptora.
- Los destinados a circuitos excepto en sistemas de distribución TN-C, en los que el corte del conductor neutro está prohibido y excepto en los TN-S, en los que se puede asegurar que el conductor neutro está al potencial de tierra.
- Los destinados a receptores cuya potencia sea superior a 1000 W, salvo que prescripciones particulares admitan corte no omnipolar.

- Los situados en circuitos que alimenten a lámparas de descarga o autotransformadores.

- Los situados en circuitos que alimenten a instalaciones en tubos de descarga de alta tensión.

En los demás casos, los dispositivos podrán no ser de corte omnipolar.

El conductor neutro o compensador no podrá ser interrumpido salvo cuando el corte se establezca por interruptores no omnipolares.

#### 10.2.8 - Medidas de protección contra contactos directos e indirectos.

Las instalaciones eléctricas se establecerán de forma que no supongan riesgo para las personas y los animales domésticos, tanto en servicio normal como cuando puedan presentarse averías previsibles.

En relación con estos riesgos, las instalaciones deberán proyectarse y ejecutarse aplicando las medidas de protección necesarias contra los contactos directos e indirectos.

Estas medidas de protección son las señaladas en la Instrucción ITC-BT-24 y deberán cumplir lo indicado en la UNE 20460, parte 4-41 y parte 4-47.

Este tema se tratará en otra parte de este curso.

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua	Resistencia de aislamiento
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de Protección (MBTP)	250 V	$\geq 0,25 \text{ M}\Omega$
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500 V	$\geq 0,5 \text{ M}\Omega$
Superior a 500 V	1000 V	$\geq 1 \text{ M}\Omega$

**Fig. 43:** Resistencia de aislamiento.

### 10.2.9 - Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla de la **figura 43**.

Este aislamiento se entiende para una instalación en la cual la longitud del conjunto de canalizaciones y cualquiera que sea el número de conductores que las componen no exceda de 100 m. Cuando esta longitud exceda del valor anteriormente citado y pueda fraccionarse la instalación en partes de aproximadamente 100 metros de longitud, bien por seccionamiento, desconexión, retirada de fusibles o apertura de interruptores, cada una de las partes en que la instalación ha sido fraccionada debe presentar la resistencia de aislamiento que corresponda.

Cuando no sea posible efectuar el fraccionamiento citado, se admite que el valor de la resistencia de aislamiento de toda la instalación sea, con relación al mínimo que le corresponda, inversamente proporcional a la longitud total, en hectómetros, de las canalizaciones.

Por lo que respecta a la rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 voltios. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores, incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.