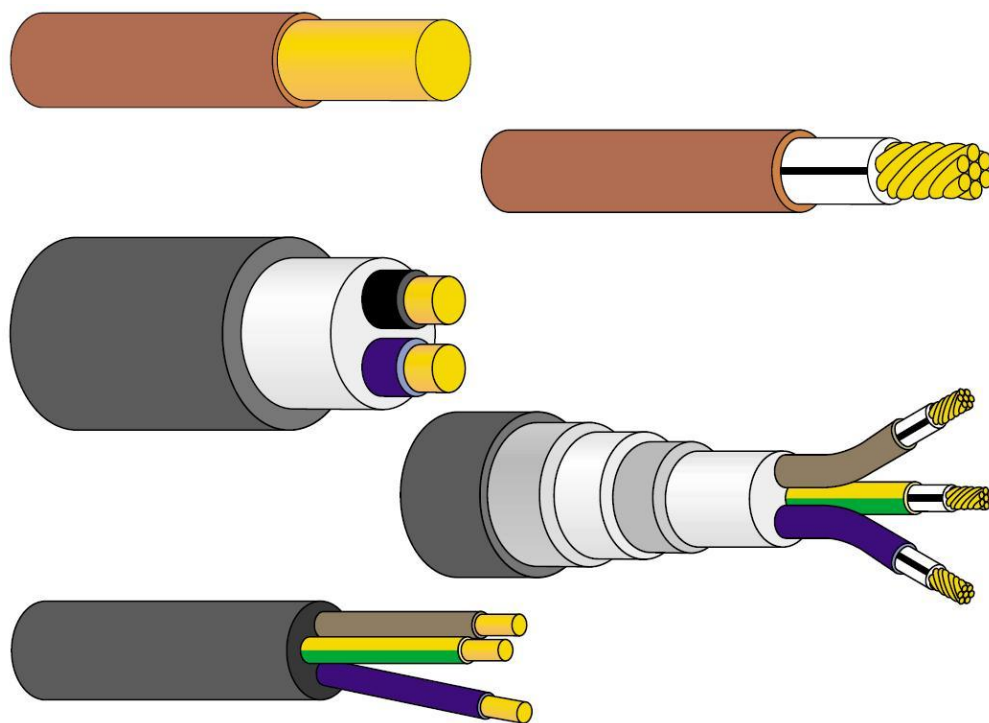


CÁLCULO DE SECCIONES EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN



Realizado por:
Juan Fco. Navarro García
(Actualizado al 17/04/2009)

ÍNDICE

NOTAS DEL AUTOR	i
1 CÁLCULO DE SECCIONES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Cálculo de caídas de tensión	1
1.3 Cálculo de secciones	3
1.4 Cálculo de secciones mediante valores unitarios de las caídas de tensión.	5
1.5 Límites reglamentarios de las caídas de tensión en las instalaciones de enlace.....	7
1.6 Ejemplos de cálculo de la sección de los conductores.....	7
Ejemplo 1.....	8
Ejemplo 2.....	9
Ejemplo 3.....	10
Ejemplo 4.....	11
Ejemplo 5.....	12
ANEXO I	
Tablas de intensidades máximas admisibles y factores de corrección para las diversas secciones, según la naturaleza del conductor y las condiciones de la instalación (ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19, UNE 20435 y UNE 20460-5-523:2004).....	13
– REDES AÉREAS.....	14
– REDES SUBTERRÁNEAS.....	17
– INSTALACIONES DE ENLACE Y DE INTERIOR	23
ANEXO II	
Tablas de designación de los cables aislados con dieléctricos secos, para BT y MT (UNE 20434 y UNE 21030).....	39
ANEXO III	
Tablas de los diámetros exteriores mínimos para los tubos utilizados en las instalaciones de BT (UNE-EN 50086-2-1 a UNE-EN 50086-2-4).....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	48

NOTAS DEL AUTOR

- ✓ En la totalidad del trabajo se ha tenido en cuenta la Norma **UNE 82100 Magnitudes y Unidades** (Partes 0 a 13), aunque hay algunas variaciones a lo establecido en dicha Norma, en cuanto a la impresión de caracteres y a la simbología se refiere:
 - Las magnitudes para resaltarlas se han escrito en **itálica (cursiva-negrita)**;
 - para las magnitudes de **tensión** y **superficie** (sección en conductores) se ha empleado el símbolo de reserva (V para tensión y S para superficie);
 - los símbolos de las unidades se han impreso con los mismos caracteres **romanos (rectos)** del texto.
- ✓ Todo error de concepto, contexto, forma, manera, etc. que pueda aparecer aquí, es exclusivamente mío, agradeciendo cualquier indicación o sugerencia que lo subsane (dirección de correo: jfconagar@hotmail.com).
- ✓ Tengo especial cuidado en citar todas las fuentes de las que extraigo información; si alguna no aparece y es conocida por quien esto lee, ruego me lo haga saber para citarla.
- ✓ Subrayo que todo aquello que «*aquí he copiado o escrito*», lo es y está con intención puramente divulgativa (de ayuda a la docencia), sin ningún ánimo de lucro.
- ✓ Bajo mi punto de vista, *el conocimiento es un derecho* (no una propiedad) y por lo tanto ha de estar al alcance de todos.

1 CÁLCULO DE SECCIONES

1.1 Introducción

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes.

1) *Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.*

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70 °C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90 °C para cables con aislamientos termoestables.

2) *Criterio de la caída de tensión.*

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo en derivaciones individuales que alimenten a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.

3) *Criterio de la intensidad de cortocircuito.*

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 160 °C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250 °C para cables con aislamientos termoestables.

Este criterio, aunque es determinante en instalaciones de alta y media tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves, y además las impedancias de los cables hasta el punto de cortocircuito limitan la intensidad de cortocircuito.

En este capítulo se presentarán las fórmulas aplicables para el cálculo de las caídas de tensión, los límites reglamentarios, así como algunos ejemplos de aplicación. Todo el planteamiento teórico que se expone a continuación es aplicable independientemente del tipo del material conductor (cobre, aluminio o aleación de aluminio). La mayoría de los ejemplos se centran en los cálculos de caídas de tensión en instalaciones de enlace, aunque la teoría es también aplicable a instalaciones interiores.

1.2 Cálculo de caídas de tensión

La expresión que se utiliza para el cálculo de la caída de tensión que se produce en una línea se obtiene considerando el circuito equivalente de una línea corta (inferior a unos 50 km), mostrado en la figura siguiente, junto con su diagrama vectorial.

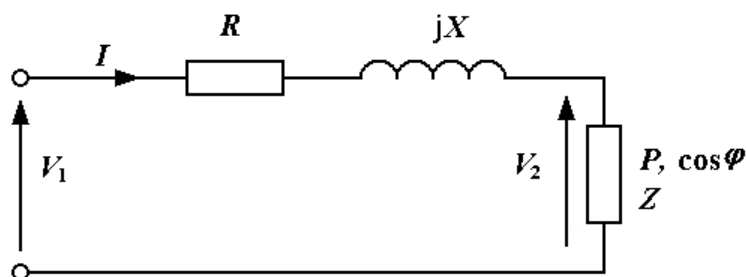


Figura 1. Circuito equivalente de una línea corta

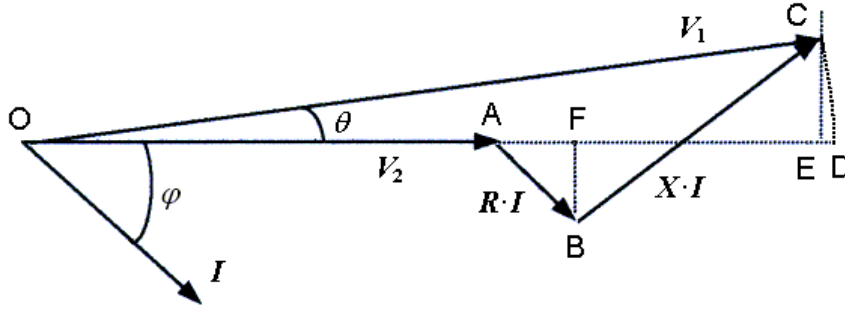


Figura 2: Diagrama vectorial

Partiendo de la línea representada en la *Figura 1* se obtiene el diagrama vectorial de la *Figura 2* para un determinado ángulo θ de una carga óhmica-inductiva.

La caída de tensión en la línea sería:

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$$

Debido al pequeño valor del ángulo θ , entre las tensiones en el origen y extremo de la línea, se puede asumir sin cometer prácticamente ningún error, que el vector V_1 , es igual a su proyección horizontal.

De acuerdo con este criterio y como el punto **D** es el extremo del radio V_1 , puede tomarse el segmento **AE** como el **AD**:

$$\Delta V = OC - OA = AD \approx AE$$

De esta forma, el segmento **AE** es la suma de las proyecciones de las caídas de tensión sobre la dirección **AE**:

$$AE = AF + FE = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi \approx AD$$

Así, pues, la caída de tensión aproximada resulta:

$$\Delta V = (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I \quad [1]$$

Como la potencia transportada por la línea es:

$$\text{En trifásica} \quad P = \sqrt{3} \cdot V_1 \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [2]$$

$$\text{En monofásica} \quad P = V_1 \cdot I \cdot \cos \varphi \quad [3]$$

Basta con sustituir la intensidad calculada en función de la potencia en la fórmula [1], y tener en cuenta que en trifásico la caída de tensión de línea será raíz de tres veces la caída de tensión de fase calculada según [1], y que en monofásico habrá que multiplicarla por un factor de dos para tener en cuenta tanto el conductor de ida como el de retorno.

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta V_{III} = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I = (R + X \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P}{V_1} \quad [4]$$

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta V_I = 2 \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot I = 2 \cdot (R + X \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{P}{V_1} \quad [5]$$

donde:

- ΔV_{III} Caída de tensión de línea en trifásico en voltios (V).
- ΔV_I Caída de tensión en monofásico en voltios (V).
- R Resistencia de la línea en Ω .
- X Reactancia de la línea en Ω .
- P Potencia en vatios (W) transportada por la línea.
- V_1 Tensión de la línea según sea trifásica o monofásica, (400 V en trifásico, 230 V en monofásico).
- $\tan \varphi$ Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga.

La reactancia, X , de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En el caso de redes de distribución aéreas trenzadas es sensiblemente constante al estar los conductores reunidos en haz, siendo del orden de $X = 0,1 \Omega/\text{km}$, valor que se puede utilizar para los cálculos sin error apreciable. En el caso de redes de distribución subterráneas, aunque se suelen obtener valores del mismo orden, es posible su cálculo en función de la separación entre conductores, determinando lo que se conoce como separación media geométrica entre ellos.

En ausencia de datos se puede estimar el valor de la reactancia inductiva como $0,1 \Omega/\text{km}$, o bien como un incremento adicional de la resistencia. Así podemos suponer que para un conductor cuya sección sea:

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

Tabla 1. Valores aproximados de la reactancia inductiva

Para secciones menores o iguales de 120 mm^2 , como es lo habitual tanto en instalaciones de enlace como en instalaciones interiores, la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia, y por lo tanto las fórmulas [4] y [5] anteriores se pueden simplificar de la siguiente forma:

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta V_{\text{III}} = R \cdot P / V_1 \quad [6]$$

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta V_{\text{I}} = 2 \cdot R \cdot P / V_1 \quad [7]$$

1.3 Cálculo de secciones

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{\text{TCA}} = R_{\text{TCC}} \cdot (1 + Y_S + Y_P) \quad [8]$$

$$R_{\text{TCC}} = R_{20\text{CC}} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)] = \rho_\theta \cdot \frac{L}{S} \quad [9]$$

$$R_{20\text{CC}} = \rho_{20} \cdot \frac{L}{S} \quad [10]$$

$$\rho_\theta = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)] \quad [11]$$

donde:

- R_{TCA} resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura θ °C.
- R_{TCC} resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura θ °C.
- $R_{20\text{CC}}$ resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20 °C.
- Y_S incremento de la resistencia debido al efecto piel (o *efecto Skin*).
- Y_P incremento de la resistencia debido al *efecto Proximidad*.
- α coeficiente de variación de resistencia por temperatura del conductor en °C⁻¹.
- ρ_θ resistividad del conductor a la temperatura θ °C.
- ρ_{20} resistividad del conductor a 20 °C.
- S sección del conductor en mm².
- L longitud de la línea en m.

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma **UNE 21144**. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2 % en alterna respecto del valor en continua.

$$c = (1 + Y_S + Y_P) \approx 1,02$$

Combinando las ecuaciones [8], y [9] anteriores se tiene:

$$R = c \cdot \rho_{\theta} \cdot \frac{L}{S} \quad [12]$$

Material	ρ_{20} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	ρ_{70} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	ρ_{90} ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Cobre	0,018	0,021	0,023	0,00392
Aluminio	0,029	0,033	0,036	0,00403
Almelec (Al-Mg-Si)	0,032	0,038	0,041	0,00360

Tabla 2. Valores de la resistividad y del coeficiente de temperatura de los conductores más utilizados.

Sustituyendo la ecuación [12] en las [6] y [7] se puede despejar el valor de la sección mínima que garantiza una caída de tensión límite previamente establecida.

Cálculo de la sección en trifásico:

$$S = \frac{c \cdot \rho_{\theta} \cdot P \cdot L}{\Delta V_{\text{III}} \cdot V_1} \quad [13]$$

Cálculo de la sección en monofásico:

$$S = \frac{2 \cdot c \cdot \rho_{\theta} \cdot P \cdot L}{\Delta V_1 \cdot V_1} \quad [14]$$

donde:

- S Sección calculada según el criterio de la c.d.t. máxima admisible en mm^2 .
- c Incremento de la resistencia en alterna (se puede tomar $c = 1,02$).
- L Longitud de la línea en m.
- ΔV_{III} Caída de tensión máxima admisible en V para líneas trifásicas.
- ΔV_1 Caída de tensión máxima admisible en V para líneas monofásicas.
- P Potencia activa prevista para la línea, en W.
- V_1 Tensión nominal de la línea (400 V en trifásico, 230 V en monofásico)
- ρ_{θ} Resistividad del conductor a la temperatura de servicio (θ) prevista para el conductor, en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

En la práctica para instalaciones de baja tensión tanto interiores como de enlace es admisible despreciar el efecto piel y el efecto de proximidad, así como trabajar con el inverso de la resistividad que se denomina conductividad " γ ", en unidades $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$. Además se suele utilizar la letra " e " para designar a la caída de tensión en voltios, tanto en monofásico como en trifásico, la letra " V " para designar la tensión de línea en trifásico (400 V) y la " V_0 " para la tensión de fase en monofásico (230 V). Con estas simplificaciones se obtienen las expresiones siguientes para determinar la sección.

Para receptores trifásicos:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} \quad [15]$$

Para receptores monofásicos:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V_0} \quad [16]$$

donde la conductividad se puede tomar de la siguiente tabla:

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre (Cu)	56	48	44
Aluminio (Al)	35	30	28
Temperatura	20 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	90 $^{\circ}\text{C}$

Tabla 3. Conductividad, (γ), en $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ para el cobre y el aluminio, a distintas temperaturas.

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T_o (25 °C para cables enterrados y 40° C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad:

$$\Delta T = T - T_o = \text{Constante} \cdot I^2$$

$$\Delta T_{\text{máx}} = T_{\text{máx}} - T_o = \text{Constante} \cdot I_{\text{máx}}^2$$

por tanto:

$$\Delta T / \Delta T_{\text{máx}} = I^2 / I_{\text{máx}}^2 \Rightarrow \Delta T = \Delta T_{\text{máx}} \cdot (I / I_{\text{máx}})^2$$

$$T = T_o + \Delta T \Rightarrow \boxed{T = T_o + (T_{\text{máx}} - T_o) \cdot (I / I_{\text{máx}})^2} \quad [17]$$

donde:

T	Temperatura real estimada en el conductor
$T_{\text{máx}}$	Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento.
T_o	Temperatura ambiente del conductor.
I	intensidad prevista para el conductor.
$I_{\text{máx}}$	intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación.

1.4 Cálculo de secciones mediante valores unitarios de las caídas de tensión.

Se define la caída de tensión unitaria (e_u) como la caída de tensión por unidad de longitud del cable y por unidad de intensidad que circula por el cable.

$$e_u = \frac{e}{I \cdot L} \quad [18]$$

donde

e_u	Caída de tensión unitaria en V.
e	Caída de tensión en V.
I	Intensidad de servicio máxima prevista para el conductor, en A.
L	Longitud de la canalización en km.

En las tablas siguientes se indican las caídas de tensión unitarias calculadas teniendo en cuenta tanto la resistencia como la inductancia de los cables, para dos factores de potencia distintos y para distintas temperaturas de servicio de los conductores. La tabla 4 es para cables de tensión asignada 450/750 V, y la tabla 5 para cables de 0,6/1 kV.

El procedimiento de cálculo de la sección del conductor utilizando estas tablas es muy simple, basta seguir los pasos siguientes:

- Se calcula en primer lugar la caída de tensión unitaria reglamentaria máxima admisible en unidades V/(A·km).
- A continuación para la temperatura de servicio máxima admisible del conductor y para el factor de potencia de la instalación se escoge la sección de conductor cuya caída de tensión unitaria según la tabla sea inferior al valor reglamentario calculado.
- Finalmente se comprueba que para esa sección el conductor es capaz de soportar la intensidad prevista en función de sus condiciones de instalación.

S mm^2	Caída de tensión por A y km								
	$\cos\varphi = 0,8$			$\cos\varphi = 1$			$\cos\varphi = 0,9$		
	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C	40 °C	60 °C	70 °C
0,5	53,906	57,827	59,787	67,253	72,154	74,604	60,603	65,014	67,219
0,75	36,722	39,391	40,725	45,769	49,105	50,772	41,270	44,272	45,773
1	27,150	29,121	30,107	33,813	36,277	37,509	30,504	32,722	33,831
1,5	18,217	19,535	20,194	22,604	24,252	25,075	20,441	21,923	22,665
2,5	11,185	11,992	12,395	13,483	14,852	15,356	12,539	13,447	13,901
4	6,994	7,496	7,747	8,612	9,240	9,553	7,826	8,391	8,674
6	4,702	5,038	5,205	5,754	6,173	6,383	5,251	5,628	5,817
10	2,826	3,026	3,125	3,419	3,668	3,792	3,143	3,367	3,479
16	1,803	1,929	1,991	2,148	2,305	2,383	1,995	2,136	2,206
25	1,169	1,249	1,288	1,358	1,457	1,507	1,283	1,372	1,416
35	0,866	0,923	0,952	0,979	1,050	1,086	0,941	1,005	1,038
50	0,664	0,707	0,728	0,723	0,776	0,802	0,713	0,761	0,784
70	0,485	0,514	0,529	0,501	0,537	0,555	0,512	0,545	0,561
95	0,372	0,393	0,403	0,361	0,387	0,400	0,385	0,409	0,420
120	0,310	0,327	0,335	0,286	0,307	0,317	0,316	0,335	0,345
150	0,268	0,281	0,288	0,232	0,249	0,257	0,268	0,283	0,291
185	0,230	0,241	0,246	0,185	0,199	0,205	0,226	0,238	0,245
240	0,194	0,202	0,206	0,141	0,151	0,156	0,186	0,195	0,200

Tabla 4. Caídas de tensión unitarias por A y km para cables de tensión asignada 450/750 V.

S mm^2	Caída de tensión por A y km											
	$\cos\varphi = 0,8$				$\cos\varphi = 1$				$\cos\varphi = 0,9$			
	40 °C	60 °C	80 °C	90 °C	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C
1,5	18,255	19,573	20,891	21,550	22,604	24,252	25,899	26,723	20,469	21,951	23,434	24,175
2,5	11,216	12,023	12,830	13,234	13,843	14,852	15,860	16,365	12,562	13,469	14,377	14,831
4	7,024	7,526	8,028	8,279	8,612	9,240	9,867	10,181	7,848	8,413	8,978	9,261
6	4,732	5,068	5,403	5,571	5,754	6,173	6,592	6,802	5,272	5,650	6,027	6,216
10	2,846	3,045	3,244	3,344	3,419	3,668	3,917	4,042	3,157	3,382	3,606	3,718
16	1,820	1,945	2,070	2,133	2,148	2,305	2,461	2,540	2,007	2,148	2,289	2,359
25	1,184	1,263	1,342	1,382	1,358	1,457	1,556	1,606	1,293	1,382	1,471	1,516
35	0,878	0,935	0,992	1,020	0,979	1,050	1,122	1,157	0,950	1,014	1,078	1,110
50	0,672	0,714	0,757	0,778	0,723	0,776	0,828	0,855	0,719	0,766	0,814	0,837
70	0,491	0,520	0,549	0,564	0,501	0,537	0,574	0,592	0,516	0,549	0,582	0,598
95	0,378	0,399	0,420	0,431	0,361	0,387	0,413	0,426	0,390	0,413	0,437	0,449
120	0,315	0,332	0,349	0,357	0,286	0,307	0,327	0,338	0,320	0,339	0,358	0,367
150	0,271	0,284	0,298	0,304	0,232	0,249	0,265	0,274	0,271	0,286	0,301	0,309
185	0,234	0,244	0,255	0,261	0,185	0,199	0,212	0,219	0,229	0,241	0,253	0,259
240	0,197	0,205	0,213	0,217	0,141	0,151	0,161	0,167	0,188	0,197	0,206	0,211

Tabla 5. Caídas de tensión unitarias por A y km para cables de tensión asignada 0,6/1 kV.

Si se quiere efectuar el cálculo con una segunda iteración, aplicando la temperatura real del conductor puede continuarse proceso de la siguiente forma:

- Se comprueba si la sección normalizada inferior es también capaz de soportar la intensidad prevista en función de sus condiciones de instalación. Si es así, se continua con el siguiente paso.
- Se calcula la temperatura real del conductor de sección menor mediante la fórmula [17].
- Se comprueba según las tablas si a la temperatura real el conductor de dicha sección nos da una caída de tensión unitaria menor que la reglamentaría. En caso contrario se debería utilizar la sección superior determinada en la primera iteración.

1.5 Límites reglamentarios de las caídas de tensión en las instalaciones de enlace.

Los límites caída de tensión vienen detallados en las ITC-BT-14, ITC-BT-15 e ITC-BT-19, y son los siguientes.

Parte de la instalación	Para alimentar a:	Caída de tensión máxima en % de la tensión de suministro	$e = \Delta V_{III}$	$e = \Delta V_I$
LGA (Línea General de Alimentación)	Suministro de un único usuario	No existe LGA	–	–
	Contadores totalmente concentrados	0,5 %	2	–
	Centralizaciones parciales de contadores	1,0 %	4	–
DI (Derivación Individual)	Suministro de un único usuario	1,5 %	6	3,45
	Contadores totalmente concentrados	1,0 %	4	2,30
	Centralizaciones parciales de contadores	0,5 %	2	1,15
Circuitos interiores	Circuitos interiores en viviendas	3,0 %	12	6,90
	Circuitos de alumbrado que no sean viviendas	3,0 %	12	6,90
	Circuitos de fuerza que no sean viviendas	5,0 %	20	11,50

Tabla 6. Límites de caídas de tensión reglamentarios. (Nota: la LGA es siempre trifásica).

1.6 Ejemplos de cálculo de la sección de los conductores.

Para los cálculos que siguen se tomó como material conductor el cobre. Para otros conductores el proceso es el mismo, únicamente se sustituirían las constantes características por las del material correspondiente en cada casa.

Para determinar cual es la intensidad máxima admisible hay que tener en cuenta las condiciones y tipo de montaje de los conductores, y además habrá que aplicar en su casa los factores de reducción por agrupación de varios circuitos que se recogen en la guía **BT-19**, o con mayor detalle en la norma **UNE 20460-5-523:2004**. Únicamente en el caso de que un conductor se prevea para transportar una corriente no superior nunca al 30 % de su carga nominal, puede no tenerse en cuenta para la determinación del factor de reducción del resto del agrupamiento.

Ejemplo 1

Un edificio destinado a viviendas y locales comerciales tiene una previsión de cargas de $P = 145 \text{ kW}$. Se proyecta instalar una única centralización de contadores, y se trata de calcular la sección de la Línea General de Alimentación (LGA) que va desde la Caja General de Protección (CGP) ubicada en la fachada del edificio hasta la Centralización de Contadores (CC) ubicada en la planta baja de dicho edificio.

El edificio tiene unas zonas comunes con jardines y piscina, resultando una longitud de la LGA de 40 metros. La LGA discurre en el interior de un tubo enterrado ya que es necesario pasar por el jardín de las zonas comunes del edificio.

Elección del tipo de cables a utilizar:

Según la ITC-BT-14, las cables a utilizar serán unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Por tanto se utilizarán cables normalizados de uno de los tipos siguientes:

Producto		Norma de aplicación
Cable tipo RZ1-K	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1).	UNE 21123-4
Cable tipo DZ1-K	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de etileno propileno (D) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1).	UNE 21123-5

En ambos casos al tratarse de aislamientos termoestables la temperatura máxima admisible del conductor en servicio continuo será de 90 °C.

Cálculo de la sección:

1) En primer lugar se calcula la Intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi} = 232,5 \text{ A}$$

Donde:

$P = 145\,000 \text{ W}$ potencia activa prevista para la línea, en vatios.

$V = 400 \text{ V}$ tensión nominal de la línea, en voltios.

$\cos\phi = 0,90$ factor de potencia de la carga, a falta de datos se puede tomar 0,85.

2) Cálculo de la caída de tensión mediante valores unitarios:

Tensión unitaria reglamentaria:

$$e = 0,5 \% \text{ de } 400 \text{ V} = 2 \text{ V}$$

$$e_r \text{ (reglamentaria)} = 2 \text{ V} / (232,5 \text{ A} \cdot 0,04 \text{ km}) = 0,215 \text{ V/(A} \cdot \text{km)}$$

Según la tabla 5, la caída de tensión para factor de potencia 0,9 y para la temperatura máxima admisible del conductor de 90 °C, inferior al valor reglamentario de 0,215 V/(A·km), le corresponde un valor de $e_u = 0,211 \text{ V/(A} \cdot \text{km)}$ que se obtiene para la sección de 240 mm². Por lo tanto habría que elegir la sección normalizada; $S = 240 \text{ mm}^2$.

3) Comprobación de la Intensidad admisible:

En servicio permanente y en función de las condiciones de instalación hay que comprobar que los cables cuya sección se ha calculado por caída de tensión son capaces de soportar la intensidad de servicio prevista. Para ello utilizamos los valores de la tabla A de la guía BT-14.

Según dicha tabla la intensidad máxima admisible para instalación en tubo enterrado es de $I_{adm} = 440$ A. Este valor es superior al valor de la intensidad prevista.

4) Segunda iteración:

Para verificar si una sección inferior puede ser también válida se sigue el siguiente proceso:

En primer lugar se verifica si la sección inferior (185 mm^2) es capaz de soportar también la intensidad prevista en la **LGA**. Según la tabla A de la guía **BT-14** su intensidad máxima admisible para instalación en tubo enterrado es de $I_{adm} = 384$ A. Por lo tanto se satisface esta condición. Se calcula la temperatura del conductor según la fórmula [17]

$$T = T_o + (T_{m\acute{a}x} - T_o) \cdot (I/I_{m\acute{a}x})^2$$

$$(T_{m\acute{a}x} - T_o) = \Delta T_{m\acute{a}x} = 90^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C}$$

$$T = 25 + 65 \cdot (232,5 / 440)^2 \approx 49^\circ\text{C}$$

Por consiguiente la temperatura real del conductor a la intensidad prevista en servicio permanente será de 49°C . Según la tabla 5 no se dispone de la caída de tensión unitaria exactamente para 49°C , aunque a mayor temperatura mayor caída de tensión. Incluso para la temperatura de 40°C (inferior a los 49°C) la caída de tensión unitaria toma un valor de 0,229 que es superior al valor reglamentario calculado. Por lo tanto no es posible utilizar la sección de 185 mm^2 .

Ejemplo 2

Se debe calcular la sección de una **Derivación Individual (DI)** que alimenta a una vivienda con nivel de electrificación básico (5 750 W), cuya longitud desde el embarrado del cuarto de contadores hasta el cuadro privado de los dispositivos generales de mando y protección es de 10 metros (segunda planta).

El sistema de instalación es el de conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica.

Elección del tipo de conductores a utilizar:

Según la **ITC-BT-15**, para el sistema de instalación del ejemplo los cables a utilizar serán unipolares o multiconductores de tensión asignada mínima 450/750 V los unipolares, y 0,6/1 kV los multiconductores, no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida.

Por tanto se utilizarán cables normalizados de uno de los tipos siguientes:

Producto		Norma de aplicación
Cable ES07Z1-K	Cable de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 (-K) y aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1)	UNE 21002
Cable tipo RZ1-K	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1)	UNE 21123-4
Cable tipo DZ1-K	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de etileno propileno (D) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1)	UNE 21123-5

Se eligen conductores unipolares de cobre con aislamiento de compuesto termoplástico, cuya temperatura máxima admisible en servicio continuo es de $T_{m\acute{a}x} = 70^\circ\text{C}$. (tipo **ES07Z1-K**)

Cálculo de la sección por el método simplificado:

En lugar de utilizar el método del ejemplo 1, se seguirá el método simplificado. Para su aplicación, una vez determinada la intensidad del circuito se determina la sección por caída de tensión según las fórmulas [15] ó [16], pero considerando el caso más desfavorable en cuanto a que el cable esté a su temperatura máxima admisible en servicio permanente. Una vez determinada la

sección por caída de tensión, basta con comprobar que la sección escogida es capaz de soportar la intensidad prevista en servicio permanente. Este método es más rápido y sólo en casos especiales cerca de los límites de la sección normalizada puede dar lugar a un sobredimensionamiento de la sección.

La intensidad prevista está limitada por el **ICP** a instalar que como máximo será de 25 A, al tratarse de un grado de electrificación básico de 5 750 W.

Según la fórmula [16] por tratarse de un circuito monofásico:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V_0} = \frac{2 \cdot 5\,750 \cdot 10}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 4,52 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto habría que ir a la sección mínima normalizada superior de 6 mm²,

Por último en servicio permanente y en función de las condiciones de instalación hay que comprobar que los cables cuya sección se ha calculado por caída de tensión son capaces de soportar la intensidad de servicio prevista. Para ello utilizamos los valores de la tabla 1 de la **ITC-BT-19** para el modo de instalación B.

Según dicha tabla la intensidad máxima admisible es de $I_{\text{adm}} = 36 \text{ A}$. Este valor es superior al valor de la intensidad prevista ($I = 25 \text{ A}$).

Cálculo mediante las tablas de caídas de tensión unitarias:

Para una caída de tensión reglamentaria admisible de 2,3 voltios (1 % de 230 V), teniendo en cuenta que $L = 0,01 \text{ km}$, $I = 25 \text{ A}$, $\cos\varphi = 1$, se calcula:

$$e_r \text{ (reglamentaria)} = 2,3 / (25 \cdot 0,01) = 9,2 \text{ V/(A} \cdot \text{km)}$$

Según la tabla 4 para cables de 450/750 V y para una $T = 70^\circ\text{C}$, se obtiene un valor de caída de tensión unitaria menor que el reglamentario:

$$e_u = 6,383 \text{ V/(A} \cdot \text{km)} \quad \text{para una sección de } 6 \text{ mm}^2.$$

Para 4 mm² la caída de tensión unitaria sería mayor que la reglamentaria y por tanto la sección apropiada es de 6 mm². La comprobación de la intensidad máxima admisible para esta sección ya se ha efectuado previamente.

Ejemplo 3

Se trata del cálculo de sección de una derivación individual para otra vivienda de electrificación básica del mismo edificio que en el ejemplo 2, donde todos los datos de partida son los mismos excepto la longitud que es ahora de 22 metros.

También se desea comprobar si la sección mínima admisible por el **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)** de 2,5 mm², para el circuito interior tipo C2 de bases de toma de corriente de uso general es adecuada teniendo en cuenta que la distancia entre el cuadro de los dispositivos generales de mando y protección y la toma de corriente más alejada es de 30 metros. La instalación interior va empotrada bajo tubo.

Elección del tipo de conductores a utilizar:

Se emplearán conductores unipolares de cobre con aislamiento termoplástico. Para las derivaciones individuales serán no propagadores del incendio con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (**ES07Z1-K**), y para la instalación interior del tipo **H07-R**.

Cálculo de la sección de la derivación individual:

En primer lugar hay que tener en cuenta que la intensidad prevista está limitada por el calibre del **ICP** a un valor máximo de 25 A.

Para calcular la potencia prevista se tomará $\cos\varphi = 1$, ya que una vez fijada la intensidad prevista en función del calibre del **ICP** el caso más desfavorable de caída de tensión se obtiene con $\cos\varphi = 1$.

$$P = V_0 \cdot I \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 25 \cdot 1 = 5\,750 \text{ W}$$

La sección se calcula aplicando el método simplificado de la fórmula [16]

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V_o} = \frac{2 \cdot 5\,750 \cdot 22}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 9,96 \text{ mm}^2$$

Donde por tratarse de una derivación individual con contadores centralizados en un lugar único, $e = 1\%$ de $230 \text{ V} = 2,3 \text{ V}$.

Por lo tanto habría que elegir la sección normalizada inmediatamente superior que es; $S = 10 \text{ mm}^2$.

Por último en servicio permanente y en función de las condiciones de instalación hay que comprobar que los cables cuya sección se ha calculado por caída de tensión son capaces de soportar la intensidad de servicio prevista. Para ello utilizamos los valores de la **tabla 1** de la **ITC-BT-19** para el *modo de instalación B*.

Según dicha tabla la intensidad máxima admisible es de $I_{\text{adm}} = 50 \text{ A}$. Este valor es superior al valor de la intensidad prevista ($I = 25 \text{ A}$).

Cálculo de la sección del circuito interior de bases de toma de corriente (C2):

Tal y como indica la **ITC-BT-25** la intensidad de funcionamiento del circuito coincidirá con la intensidad nominal del interruptor automático que protege el circuito, es decir: $I = 16 \text{ A}$. La potencia prevista una vez fijada la intensidad por el calibre de la protección se calcula para $\cos \varphi = 1$, ya que se cubre el caso más desfavorable:

$$P = V_o \cdot I \cdot \cos \varphi = 230 \cdot 16 \cdot 1 = 3\,680 \text{ W}$$

La sección se calcula aplicando el método simplificado de la fórmula [16]

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V_o} = \frac{2 \cdot 3\,680 \cdot 22}{48 \cdot 6,9 \cdot 230} = 2,9 \text{ mm}^2$$

Donde por tratarse de un circuito interior en monofásico de una vivienda, $e = 3\%$ de $230 \text{ V} = 6,9 \text{ V}$.

Por lo tanto habría que elegir la sección normalizada inmediatamente superior que es; $S = 4 \text{ mm}^2$ superior al mínimo reglamentario exigible.

Por último en servicio permanente y en función de las condiciones de instalación hay que comprobar que los cables cuya sección se ha calculado por caída de tensión son capaces de soportar la intensidad de servicio prevista. Para ello utilizamos los valores de la **tabla 1** de la **ITC-BT-19** para el *modo de instalación B*.

Según dicha tabla la intensidad máxima admisible es de $I_{\text{adm}} = 27 \text{ A}$. Este valor es superior al valor de la intensidad prevista.

Ejemplo 4

Se trata del cálculo de sección de una derivación individual para otra vivienda de electrificación básica del mismo edificio que en el ejemplo 2 y ejemplo 3, donde todos los datos de partida son los mismos excepto la longitud que es ahora de 35 metros.

Elección del tipo de conductores a utilizar:

Mismo tipo que en el ejemplo 2 y ejemplo 3.

Cálculo de la sección:

Siguiendo el ejemplo 2, puesto que sólo cambia la longitud, se tiene:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V_o} = \frac{2 \cdot 5\,750 \cdot 35}{48 \cdot 2,3 \cdot 230} = 15,85 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto habría que elegir la sección normalizada inmediatamente superior que es; $S = 16 \text{ mm}^2$

Por último la intensidad máxima admisible para esta sección es de $I_{adm} = 66 \text{ A}$ que es superior al valor de la intensidad prevista.

Ejemplo 5

Se trata de repetir los cálculos de sección de las tres derivaciones individuales de los ejemplos 2, 3 y 4, para las mismas longitudes (10 m, 22 m y 35 m) pero para viviendas con electrificación elevada.

Elección del tipo de conductores a utilizar:

Mismo tipo de conductor y condiciones de instalación que en los tres ejemplos anteriores.

Cálculo de la sección:

En primer lugar hay que tener en cuenta que la intensidad prevista está limitada por el calibre del **ICP** a un valor de 40 A.

Para calcular la potencia prevista se tomará $\cos\varphi = 1$, ya que una vez fijada la intensidad prevista en función del calibre del **ICP** el caso más desfavorable de caída de tensión se obtiene con $\cos\varphi = 1$.

$$P = V_0 \cdot I \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 40 \cdot 1 = 9\,200 \text{ W}$$

Se aplica la fórmula [16] y se obtienen los valores siguientes para:

$L = 10 \text{ m}$	$S = 7,2 \text{ mm}^2$
$L = 22 \text{ m}$	$S = 15,9 \text{ mm}^2$
$L = 35 \text{ m}$	$S = 25,3 \text{ mm}^2$

Por lo tanto habría que elegir las secciones normalizadas inmediatamente superiores que según el caso son las siguientes.

$L = 10 \text{ m}$	$S = 10 \text{ mm}^2$
$L = 22 \text{ m}$	$S = 16 \text{ mm}^2$
$L = 35 \text{ m}$	$S = 35 \text{ mm}^2$

Comprobación de la intensidad admisible:

Según la **tabla 1** de la **ITC-BT-19** para el *modo de instalación B* y dos conductores cargados las intensidades máximas admisibles para cada sección son las siguientes:

$S = 10 \text{ mm}^2$	$I_{m\acute{a}x} = 50 \text{ A}$
$S = 16 \text{ mm}^2$	$I_{m\acute{a}x} = 66 \text{ A}$
$S = 35 \text{ mm}^2$	$I_{m\acute{a}x} = 104 \text{ A}$

Todos los valores son superiores al valor de la intensidad prevista ($I = 40 \text{ A}$).

Nota: Si el cálculo de la sección se efectuara de la forma detallada en el ejemplo 1 mediante el cálculo de la temperatura real del conductor, para el caso de $L = 35 \text{ m}$ se obtendría la sección normalizada inferior ($S = 25 \text{ mm}^2$), ya que la temperatura del conductor es inferior a la máxima admisible de 70°C , al ser su carga únicamente de 40 A.

ANEXO I

**Tablas de intensidades máximas
admisibles y factores de corrección
para las diversas secciones, según la
naturaleza del conductor y las
condiciones de la instalación
(ITC-BT-06, ITC-BT-07, ITC-BT-19,
UNE 20435 y UNE 20460-5-523:2004)**

REDES AÉREAS

(UNE 20435 para tensiones nominales asignadas 0,6/1 kV)

Cables con neutro fiador de aleación de Aluminio-Magnesio-Silicio (Almelec) para instalaciones de cables tensados

Tabla 3 (de la ITC-BT-06)
Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C

Número de conductores por sección (mm ²)	Intensidad máxima (A)
1×25 Al/54,6 Alm	110
1×50 Al/54,6 Alm	165
3×25 Al/54,6 Alm	100
3×50 Al/54,6 Alm	150
3×95 Al/54,6 Alm	230
3×150 Al/80 Alm	305

Cables sin neutro fiador para instalaciones de cables posados, o tensados con fiador de acero

Tabla 4 (de la ITC-BT-06)
Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C

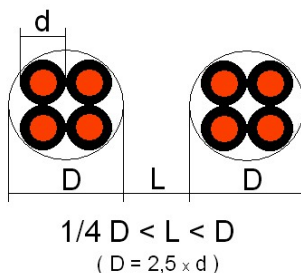
Número de conductores por sección (mm ²)	Intensidad máxima (A)	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2×16 Al	73	81
2×25 Al	101	109
4×16 Al	67	72
4×25 Al	90	97
4×50 Al	133	144
3×95/50 Al	207	223
3×150/95 Al	277	301

Tabla 5 (de la ITC-BT-06)
Intensidad máxima admisible en amperios a temperatura ambiente de 40 °C

Número de conductores por sección (mm ²)	Intensidad máxima (A)	
	Posada sobre fachadas	Tendida con fiador de acero
2×10 Cu	77	85
4×10 Cu	65	72
4×16 Cu	86	95

Tabla 6 (de la ITC-BT-06)
Factores de corrección de la intensidad máxima admisible en caso de agrupación de cables aislados en haz instalados al aire

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



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

Tabla 7 (de la ITC-BT-06)
Factores de corrección de la intensidad máxima admisible para cables aislados en haz, en función de la temperatura ambiente

Temperatura °C	20	25	30	35	40	45	50
Aislados con polietileno reticulado	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90

Intensidades máximas de cortocircuito admisible en los conductores de los cable

Tabla 8 (de la ITC-BT-06)
Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de aluminio

Sección del conductor (mm ²)	Duración del cortocircuito (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	1,0	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

Tabla 9 (de la ITC-BT-06)
Intensidades máximas de cortocircuitos en kA para conductores de cobre

Sección del conductor (mm ²)	Duración del cortocircuito (s)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	4,81	3,29	2,70	2,11	1,52	1,26	1,11	1,00	0,92
16	7,34	5,23	4,29	3,35	2,40	1,99	1,74	1,57	1,44

Conductores desnudos de cobre y aluminio

Tabla 10 (de la ITC-BT-06)
Densidad de corriente en A/mm² para conductores desnudos al aire

Sección nominal (mm ²)	Densidad de corriente (A/mm ²)	
	Cobre	Aluminio
10	8,75	—
16	7,60	6,00
25	6,35	5,00
35	5,75	4,55
50	5,10	4,00
70	4,50	3,55
95	4,05	3,20
120	—	2,90
150	—	2,70

Sección del conductor neutro

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

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: la sección del neutro será como mínimo, la de la **tabla 1** de la **ITC-BT-07** (redes subterráneas), con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio

En caso de utilizar conductor neutro de aleaciones de aluminio (por ejemplo **ALMELEC**), la sección a considerar será la equivalente, teniendo en cuenta las conductividades de los diferentes materiales.

REDES SUBTERRÁNEAS

(UNE 20435 para tensiones nominales asignadas 0,6/1 kV)

Tabla 1 (de la ITC-BT-07)

Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
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

Tabla 2 (de la ITC-BT-07)

Cables aislados con aislamiento seco; temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento seco	Temperatura máxima °C	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5$ s
Policloruro de vinilo (PVC) $S \leq 300$ mm ² $S > 300$ mm ²	70	160
	70	140
Polietileno reticulado (XLPE)	90	250
Etileno Propileno (EPR)	90	250

Tabla 3 (de la ITC-BT-07)

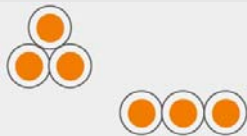
Intensidad máxima admisible en amperios para cables tetrapolares con conductores de aluminio y conductor neutro concéntrico de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)

Cables	Sección nominal de los conductores (mm ²)	Intensidad (A)
3×50 Al + 16 Cu	50	160
3×95 Al + 30 Cu	95	235
3×150 Al + 50 Cu	150	305
3×240 Al + 80 Cu	240	395

Temperatura máxima del conductor: 90 °C
Profundidad de instalación: 0,70 m.

– Temperatura del terreno: 25 °C.
– Resistividad térmica del terreno: 1 K·m/W.

Tabla 4 (de la ITC-BT-07)
**Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables
con conductores de aluminio en instalación enterrada (servicio permanente)**

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70 °C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25 °C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K·m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

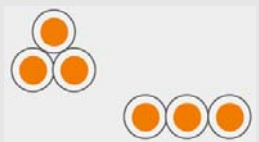
(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Nota:

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

Tabla 5 (de la ITC-BT-07)
Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tipo de aislamiento:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70 °C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25 °C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K·m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Nota:

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

Tabla 6 (de la ITC-BT-07)
Factor de corrección para temperaturas del terreno distintas de 25 °C

Temperatura de servicio θ_s (°C)	Temperatura del terreno, θ_t , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

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

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

Tabla 7 (de la ITC-BT-07)
Factor de corrección para resistividades térmicas del terreno distintas de 1 K·m/W

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

Tabla 8 (de la ITC-BT-07)
Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
$d = 0$ (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	0,6	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



Tabla 9 (de la ITC-BT-07)
Factor de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,80	0,90	1,00	1,20
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1	0,90	0,98	0,97	0,95

Cables enterrados en zanja en el interior de tubos o similares

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.

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

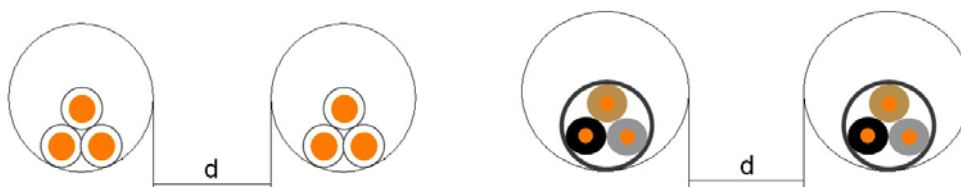
Si se trata de una línea con cuatro cables unipolares situados en sendos tubos, podrá aplicarse un factor de corrección de 0,9.

En el caso de canalizaciones bajo tubos que no superen los 15 m, si el tubo se rellena con aglomerados especiales no será necesario aplicar factor de corrección de intensidad por este motivo.

Si se trata de una agrupación de tubos, el factor dependerá del tipo de agrupación y variará para cada cable según esté colocado en un tubo central o periférico. Cada caso deberá estudiarse individualmente (pueden aplicarse sin riesgo de error, los factores de corrección establecidos en la **Tabla 52-E3** de la norma **UNE 20460-5-523:2004**).

Tabla 52-E3 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos, cables instalados en conductos enterrados

Número de cables	Distancias entre conductos (<i>d</i>)			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,90	0,95
3	0,75	0,85	0,85	0,90
4	0,70	0,75	0,80	0,90
5	0,65	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90



Notas:

- Cables multiconductores o una terna de cables unipolares en el interior de un mismo conducto, incluido el conductor neutro, si existe.
- Los valores indicados se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W.
- Se aplicarán estos factores de corrección teniendo en cuenta el tipo de instalación (cables enterrados en zanja en el interior de conductos), es decir sobre las tablas 4 y 5 de la **ITC-BT-07**, ya corregidas con el factor de corrección de 0,8.

Tabla 16 (de la ITC-BT-07)
Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm² para conductores de aluminio

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito (s)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	294	203	170	132	93	76	66	59	54
PVC									
Sección ≤ 300 mm ²	237	168	137	106	75	61	53	47	43
Sección > 300 mm ²	211	150	122	94	67	54	47	42	39

Tabla 17 (de la ITC-BT-07)
Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm² para conductores de cobre

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito (s)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección ≤ 300 mm ²	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección > 300 mm ²	322	228	186	144	102	83	72	64	59

INSTALACIONES DE ENLACE Y DE INTERIOR

Tabla A (de la GUÍA-BT-14) actualizada según UNE 20460-5-523:2004

Intensidad máxima admisible (A) en el conductor de Cu (cable unipolar RZ1-K) en función de la sección del cable y del tipo de instalación

Tipo de instalación	Sección nominal del conductor (Cu), mm ²										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubos empotrados en paredes aislantes ⁽¹⁾	50	66	84	104	125	160	194	225	260	297	350
Tubos empotrados en pared de obra ⁽²⁾	54	73	95	119	145	185	224	260	299	341	401
Tubos en montaje superficial ⁽²⁾											
Canal protectora ⁽²⁾											
Conductos cerrados de obra de fábrica ⁽²⁾											
Tubos enterrados ⁽³⁾	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336
Nota (1): Según tabla A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "A1", columna 6, temperatura ambiente 40 °C. Nota (2): Según tabla A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "B1", columna 8, temperatura ambiente 40 °C. Nota (3): Según tabla A.52-2 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "D", temperatura ambiente 25 °C en el terreno, resistividad térmica 2,5 K m/W y a una profundidad de 0,7 m.											

Tabla B (de la GUÍA-BT-14) actualizada según UNE 20460-5-523:2004

Intensidad máxima admisible (A) en el conductor de Al (cable unipolar RZ1-Al) en función de la sección del cable y del tipo de instalación

Tipo de instalación	Sección nominal del conductor (Al), mm ²									
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Tubos empotrados en paredes aislantes ⁽¹⁾	51	64	78	96	122	148	171	197	225	265
Tubos empotrados en pared de obra ⁽²⁾	57	72	89	108	139	169	196,5	227	259	306
Tubos en montaje superficial ⁽²⁾										
Canal protectora ⁽²⁾										
Conductos cerrados de obra de fábrica ⁽²⁾										
Tubos enterrados ⁽³⁾	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261
Nota (1): Según tabla A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "A1", columna 6, temperatura ambiente 40 °C. Nota (2): Según tabla A.52-1 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "B1", columna 8, temperatura ambiente 40 °C. Nota (3): Según tabla A.52-2 bis de la UNE 20460-5-523:2004, método "D", temperatura ambiente 25 °C en el terreno, resistividad térmica 2,5 K m/W y a una profundidad de 0,7 m.										

Nota:

- Tablas resumidas para la determinación de la sección de los conductores en la **Línea General de Alimentación (LGA)**, referidas a tres conductores unipolares cargados con aislamiento **XLPE** y en función de la intensidad máxima admisible y las condiciones de la instalación.

Tabla 1 (de la ITC-BT-14)
Sección mínima del conductor neutro
en función de la sección y de la naturaleza de los conductores de fase,
y diámetro exterior de los tubos

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

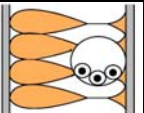
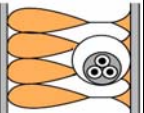
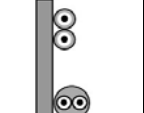
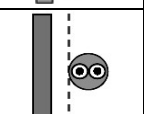
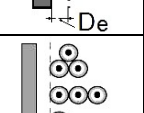
Nota:

- La secciones del conductor neutro, son para aplicar en todas las Líneas Generales de Alimentación (LGA), independientemente de las condiciones de la instalación.

Tabla 2 (de la ITC-BT-19)
Sección del conductor de protección en función de la sección
de los conductores de fase o polares de la instalación

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	S (*) 16 $S/2$
(*) Con un mínimo de: – 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica. – 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.	

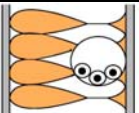
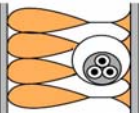
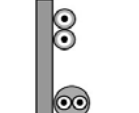
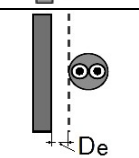
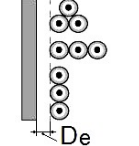
Tabla A.52-1 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación			Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E		Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior a $0,3 D_e$						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F		Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior a D_e							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre (Cu)	Sección mm^2													
	1,5		13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
	2,5		17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
	4		23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
	6		29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
	10		39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
	16		52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
	25		68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
	35		-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
	50		-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
	70		-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
	95		-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377
	120		-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437
	150		-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
	185		-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575
	240		-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679

Notas:

- El diámetro exterior del cable es igual a D_e
- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas **52.C1 a 52.C4**, **52.C9 a 52.C12** y **52.E1 a 52.E5**.

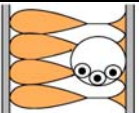
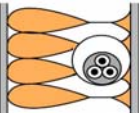
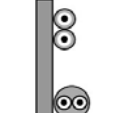
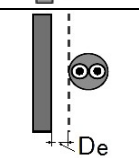
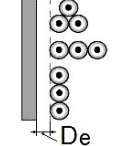
Tabla A.52-1 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación			Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E		Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior a $0,3 D_e$						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F		Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior a D_e							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Aluminio (Al)	Sección mm^2													
	2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-	
	4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-	
	6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-	
	10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-	
	16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-	
	25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121	
	35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150	
	50	-	-	-	104	110	117	125	136	146	154	164	184	
	70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237	
	95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289	
	120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337	
	150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389	
	185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447	
	240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530	

Notas:

- El diámetro exterior del cable es igual a D_e .
- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas 52.C1 a 52.C4, 52.C9 a 52.C12 y 52.E1 a 52.E5.

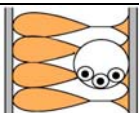
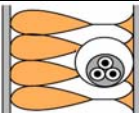
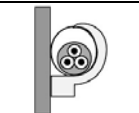
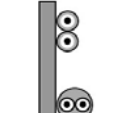
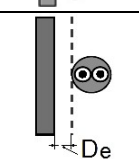
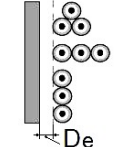
Tabla A.52-1 bis (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación			Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E		Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F		Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior a D_e							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre (Cu)	Sección mm^2													
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269	
	95				180	194	207	224	241	259	271	296	327	
	120				208	225	240	260	280	301	314	348	380	
	150				236	260	278	299	322	343	363	404	438	
	185				268	297	317	341	368	391	415	464	500	
	240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	

Notas:

- El diámetro exterior del cable es igual a D_e .
- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas 52.C1 a 52.C4, 52.C9 a 52.C12 y 52.E1 a 52.E5.

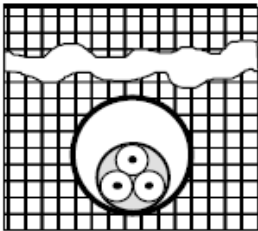
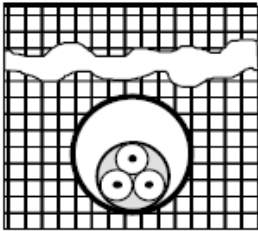
Tabla A.52-1 bis (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación			Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
A1		Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante		PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2					
A2		Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	PVC3	PVC2			XLPE3	XLPE2						
B1		Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera					PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2		
B2		Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera				PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2				
C		Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
E		Cable multiconductor al aire libre. Distancia al muro no inferior a 0,3 D_e							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
F		Cables unipolares en contacto al aire libre. Distancia al muro no inferior a D_e								PVC3		PVC2	XLPE3	XLPE2
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Aluminio (Al)	Sección mm^2													
	2,5		11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
	4		15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
	6		20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
	10		27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
	16		36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
	25		46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
	35			61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
	50			73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
	70					116	122	136	139	151	162	170	187	206
	95					140	148	167	169	183	197	207	230	251
	120					162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
	150					187	197	223	227	246	264	277	312	338
	185					212	225	236	259	281	301	316	359	388
	240					248	265	300	306	332	355	372	429	461

Notas:

- El diámetro exterior del cable es igual a D_e .
- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas 52.C1 a 52.C4, 52.C9 a 52.C12 y 52.E1 a 52.E5.

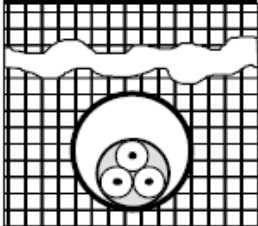
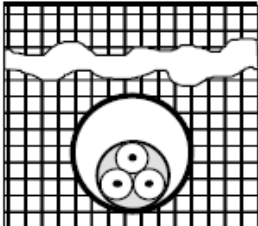
Tabla A.52-2 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 20 °C en el terreno

Método de instalación			Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
				PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D		<i>Cable multiconductor en conductos enterrados</i>	Cobre (Cu)				
			1,5	22	18	26	22
			2,5	29	24	34	29
			4	38	31	44	37
			6	47	39	56	46
			10	63	52	73	61
			16	81	67	95	79
			25	104	86	121	101
			35	125	103	146	122
			50	148	122	173	144
			70	183	151	213	178
			95	216	179	252	211
			120	246	203	287	240
			150	278	230	324	271
			185	312	258	363	304
			240	361	297	419	351
			300	408	336	474	396
D		<i>Cable multiconductor en conductos enterrados</i>	Aluminio (Al)				
			2,5	22	18,5	26	22
			4	29	24	34	29
			6	36	30	42	36
			10	48	40	56	47
			16	62	52	73	61
			25	80	66	93	78
			35	96	80	112	94
			50	113	94	132	112
			70	140	117	163	138
			95	166	138	193	164
			120	189	157	220	186
			150	213	178	249	210
			185	240	200	279	236
			240	277	230	322	272
			300	313	260	364	308

Notas:

- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas **52.C1** a **52.C4**, **52.C9** a **52.C12** y **52.E1** a **52.E5**.
- De acuerdo con la tabla **52-B2** (Puntos nº 71 a 73), se pueden aplicar también estas intensidades admisibles a cables unipolares en conductos enterrados, así como a cables unipolares o multipolares directamente enterrados si la resistividad térmica del terreno es del orden de 2,5 K·m/W.

Tabla A.52-2 bis (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Intensidades admisibles en amperios (A)
Temperatura ambiente 25 °C en el terreno

Método de instalación			Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
				PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D		<i>Cable multiconductor en conductos enterrados</i>	Cobre (Cu)				
			1,5	20,5	17	24,5	21
			2,5	27,5	22,5	32,5	27,5
			4	36	29	42	35
			6	44	37	53	44
			10	59	49	70	58
			16	76	63	91	75
			25	98	81	116	96
			35	118	97	140	117
			50	140	115	166	138
			70	173	143	204	170
			95	205	170	241	202
			120	233	192	275	230
			150	264	218	311	260
			185	296	245	348	291
			240	342	282	402	336
			300	387	319	455	380
D		<i>Cable multiconductor en conductos enterrados</i>	Aluminio (Al)				
			2,5	20,5	17	24,5	21
			4	27,5	22,5	32,5	27,5
			6	34	28	40	34
			10	45	38	53	45
			16	58	49	70	58
			25	76	62	89	74
			35	91	76	107	90
			50	107	89	126	107
			70	133	111	156	132
			95	157	131	185	157
			120	179	149	211	178
			150	202	169	239	201
			185	228	190	267	226
			240	263	218	309	261
			300	297	247	349	295

Notas:

- Esta tabla puede utilizarse como método posible de simplificación de las tablas **52.C1** a **52.C4**, **52.C9** a **52.C12** y **52.E1** a **52.E5**.
- De acuerdo con la tabla **52-B2** (Puntos nº 71 a 73), se pueden aplicar también estas intensidades admisibles a cables unipolares en conductos enterrados, así como a cables unipolares o multipolares directamente enterrados si la resistividad térmica del terreno es del orden de 2,5 K·m/W.

Tabla 52-A (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Temperaturas máximas de funcionamiento según los tipos de aislamiento

Tipo de aislamiento	Límite de temperatura (véase nota 1) °C
Policloruro de vinilo (PVC)	Conductor: 70
Polietileno reticulado (XLPE) y goma o caucho de etileno-propileno (EPR)	Conductor: 90
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	Cubierta metálica: 70
Mineral(desnudo e inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta metálica: 105 (véase nota 2)

Notas:

- 1 Las temperaturas máximas admisibles para los conductores dadas en la tabla 52-A y sobre las que se basan los valores de las tablas 52-C1 a 52-C4 y 52-C9 a 52-C12, han sido tomadas de las Normas IEC 60502: 1983 y IEC 60702: 1981 y se muestran en esas tablas.
- 2 Cuando un conductor funciona a una temperatura superior a 70 °C, se debe asegurar que los equipos conectados a este conductor son adecuados para la temperatura resultante en la conexión.
- 3 Para algunos tipos de cable, temperaturas de funcionamiento más elevadas pueden ser admitidas según las temperaturas asignadas del cable, sus terminaciones, las condiciones ambientales y otras influencias externas.

Tabla 52-D1 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables al aire libre

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral (*)	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65		0,65		0,70
70		0,58		0,65
75		0,50		0,60
80		0,41		0,54
85				0,47
90				0,40
95				0,32
* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar con el fabricante.				

Tabla A.52-3 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Factores de reducción para agrupamientos de varios circuitos o de varios cables multiconductores
(a utilizar con los valores de intensidades admisibles de la tablas **A.52-1** y **A.52-1 bis**)

Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única en el techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Notas:

- 1) Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, cargados por igual.
- 2) Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario ningún factor de reducción.
- 3) Los mismos factores de corrección se aplican:
 - a los grupos de dos o tres cables unipolares;
 - a los cables multiconductores.
- 4) Si un agrupamiento se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos y se aplica el factor de corrección a las tablas para dos conductores cargados, para los cables de dos conductores, y a las tablas para tres conductores cargados para los cables de tres conductores.
- 5) Si un agrupamiento está formado por "*n*" conductores unipolares cargados, puede ser considerado como "*n/2*" circuitos de dos conductores cargados o como "*n/3*" circuitos de tres conductores cargados.
- 6) Los valores indicados son la media en el rango de las dimensiones de conductores y de los métodos de instalación de las tablas **A.52-1** y **A.51-1 bis**, la precisión de los valores tabulados está en un $\pm 5\%$.
- 7) Para algunas instalaciones y para otros métodos de instalación no previsto en esta tabla, puede ser apropiado utilizar factores calculados para casos específicos; véanse por ejemplo las tablas **52-E4** y **52-E5**.
- 8) Si para la determinación de las intensidades admisibles se utilizaran las tablas **52-C1** a **52-C12**, los factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores se tomarán de la tabla **52-E1**.

Tabla 52-D2 (de la norma UNE 20460-5-523:2004)

Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para cables en conductos enterrados

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tabla A.52-3 (de la norma UNE 20460-5-523:2004)

Factores de corrección para cables en conductos enterrados en terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las intensidades admisibles para el método de referencia D

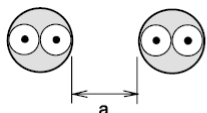
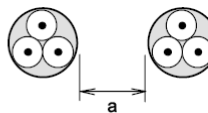
Resistividad térmica K·m/W	1	1,5	2	25	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Notas: - Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas 52-C1 a 52-C4. La precisión de los factores de corrección es de $\pm 5\%$. - Los factores de corrección se aplican a los cables en canalizaciones enterradas; para cables depositados directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287. - Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.					

Tabla 52-E2 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)

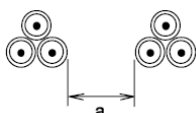
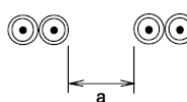
Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos, cables directamente enterrados
(Método de instalación **D** de las tablas **52-C1** a **52-C4**, cables unipolares o multipolares)

Número de circuitos	Distancia entre cables (a)*				
	Nula (Cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,50 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

* Cables multiconductores

* Cables unipolares

Nota:

- Los valores indicados se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los conductores y los tipos de las tablas **52-C1** a **52-C4**. Los valores medios, redondeados, pueden entrañar un error de hasta el $\pm 10 \%$ en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por los métodos de la **Norma IEC 60287**).

Tabla 52-E2 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)

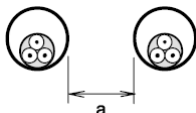
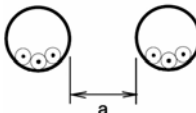
**Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos,
cables instalados en conductos enterrados**

(Método de instalación **D** de las tablas **52-C1** a **52-C4**)

A. Cables multiconductores en conductos, un cable por conducto

(pueden aplicarse también estos factores de reducción a una terna de cables unipolares)

Número de cables	Distancia entre conductos (a)*			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

* Cables multiconductores 		* Cables unipolares 	
--	--	--	--

Nota:

- Los valores indicados se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los conductores y los tipos de las tablas **52-C1** a **52-C4**. Los valores medios, redondeados pueden entrañar un error de hasta el $\pm 10\%$ en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por los métodos de la Norma IEC 60287).

B. Cables unipolares, un cable por conducto

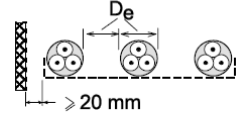
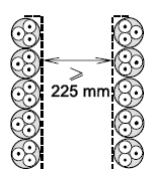
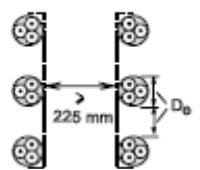
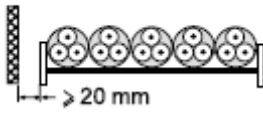
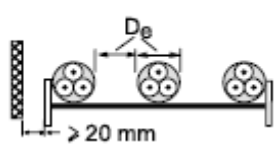
Número de circuitos unipolares de 2 o 3 cables	Distancia entre conductos (a)*			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,95	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

* Cables unipolares 	
---	--

Nota:

- Los valores indicados se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Estos valores están promediados para las dimensiones de los conductores y los tipos de las tablas **52-C1** a **52-C4**. Los valores medios, redondeados pueden entrañar un error de hasta el $\pm 10\%$ en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por los métodos de la Norma IEC 60287).

Tabla 52-E4 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Factores de reducción por agrupamientos para varios cables multiconductores (nota 1)
a aplicar a los valores para cables multiconductores instalados al aire libre

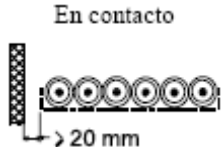
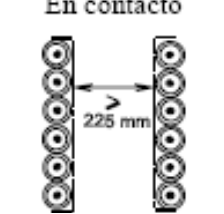
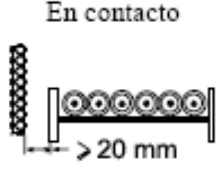
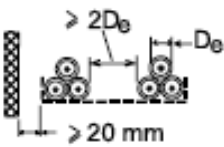
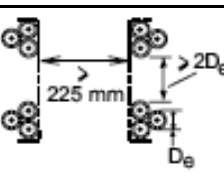
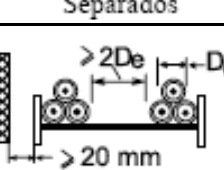
Método de instalación de la tabla 52-B2			Número de bandejas	Número de cables					
				1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (nota 2)	13	En contacto 	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		Separados 	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	—
			2	1,00	1,00	0,96	0,92	0,87	—
			3	1,00	0,99	0,95	0,91	0,85	—
Bandejas verticales perforadas (nota 3)	13	En contacto 	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		Separados 	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	—
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
			3	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
			4	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	—
Escaleras de cables abrazaderas, etc. (nota 2)	14 15 16	En contacto 	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
		Separados 	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	—
			2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	—
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—
			4	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—
			5	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—
			6	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—
			7	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	—

Notas:

Los factores se aplican a capas únicas de cables tales como las representadas anteriormente, pero no pueden aplicarse a cables dispuestos en capas en contacto. Los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y deben ser determinados por un método apropiado.

- 1 Los valores indicados están promediados para los tipos de cables y la gama de secciones de conductor tomadas en consideración en las tablas 52-C7 a 52-C12. La desviación entre los valores es generalmente inferior a $\pm 5\%$.
- 2 Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm y al menos de 20 mm entre las bandejas y el muro. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.
- 3 Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, con las bandejas montadas espalda contra espalda. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

Tabla 52-E5 (de la norma **UNE 20460-5-523:2004**)
Factores de reducción por agrupamientos por varios cables unipolares (nota 1)
a aplicar a los valores para cables unipolares instalados al aire libre)

Tipo de instalación de la tabla 52-B2			Número de bandejas	Número de circuitos trifásicos (nota 2)			A utilizar para:
				1	2	3	
Bandejas perforadas (nota 3)	13	 En contacto > 20 mm	1	0,98	0,91	0,87	Tres cables en capa horizontal
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Bandejas perforadas verticales (nota 4)	13	 En contacto > 225 mm	1	0,96	0,86	—	Tres cables en capa vertical
			2	0,95	0,84	—	
Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3)	14 15 16	 En contacto > 20 mm	1	1,00	0,97	0,96	Tres cables en capa horizontal
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Bandejas perforadas (nota 3)	13	 > 20 mm	1	1,00	0,98	0,96	Tres cables en en trébol
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Bandejas perforadas verticales (nota 4)	13	 > 225 mm Separados	1	1,00	0,91	0,89	
			2	1,00	0,90	0,86	
Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3)	14 15 16	 > 20 mm	1	1,00	1,00	1,00	
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,94	

Notas:

Los factores se aplican a capas únicas de cables (o triángulos) tales como las representadas anteriormente, pero no pueden aplicarse a cables dispuestos en varias capas en contacto. Los valores para tales disposiciones pueden ser sensiblemente inferiores y deben ser determinados por un método apropiado.

- 1 Los valores indicados están promediados para los tipos de cables y la gama de secciones de conductor tomadas en consideración en las tablas 52-C7 a 52-C12. La desviación entre los valores es generalmente inferior a $\pm 5\%$.
- 2 Para circuitos que incluyen varios cables en paralelo por fase conviene que cada grupo de tres conductores sea considerado como un circuito para la aplicación de esta tabla.
- 3 Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.
- 4 Los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, con las bandejas montadas espalda contra espalda y al menos a 20 mm entre las bandejas y el muro. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

Tabla (de las GUÍA-BT-14 y GUÍA-BT-15)
Características mínimas para cables y sistemas de conducción de cables de acuerdo con el sistema de instalación

Sistema de instalación	Sistema de canalización (calidad mínima)		Cable	
Superficial	Tubo 4321: No propagador de la llama	Compresión Fuerte (4), Impacto Media (3), Propiedades eléctricas: Aislante / continuidad eléctrica. UNE-EN 50086-2-1	ES07Z1-K (AS) RZ1-K (AS)	Cable unipolar de tensión asignada 450/750 V con conductor de cobre clase 5 (-K) y aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) UNE 21002
	Canal no propagadora de la llama	Impacto Media, No propagador de la llama, Propiedades eléctricas: Aislante / continuidad eléctrica. Que solo puede abrirse con herramientas. IP2X mínimo. UNE-EN 50085		Cable de tensión asignada 0,6/1 kV con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) UNE 21123-4
Empotrado	Tubo 2221: No propagador de la llama	Compresión Ligera (2), Impacto Ligera (2). UNE-EN 50086-2-2	DZ1-K (AS)	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de etileno propileno (D) y cubierta de base compuesto termoplástico a base de poliolefina (Z1) UNE 21123-5
	Canal no propagadora de la llama	Impacto Media, No propagador de la llama. Que solo puede abrirse con herramientas. IP2X mínimo. UNE-EN 50085		
Enterrado	Tubo: (Propiedades) de propagación de la llama no declaradas)	Compresión 250/450 N (hormigón / suelo ligero), Impacto Ligera / Normal. UNE-EN 50086-2-4	ES07Z1-K (AS) RZ1-K (AS) DZ1-K (AS)	Tipos ya descritos
Canal de obra	Tubo 221: No propagador de la llama	Compresión Ligera (2), Impacto Ligera (2). UNE-EN 50086-2-2	ES07Z1-K (AS) RZ1-K (AS) DZ1-K (AS)	Tipos ya descritos
	Canal no propagadora de la llama	Impacto Media, No propagador de la llama. Que solo puede abrirse con herramientas. IP2X mínimo. UNE-EN 50085		
	Bandejas y bandejas de escalera	UNE-EN 61537		
	Cables instalados directamente en su interior			
Canalización prefabricada UNE-EN 60439-2				
Nota (1): Según la norma UNE 21022 los conductores clase 5 son aquellos constituidos por numerosos alambres de pequeño diámetro que le dan la característica de flexible.				
Nota (2): Las normas de la serie UNE 21123 también incluyen las variantes de cables armados y apantallados que puede ser conveniente utilizar en instalaciones particulares.				
Nota (3): Cuando en una canal de obra se utilicen tubos o canales protectoras, éstos deberán cumplir con las características prescritas para sistemas de instalación empotrados.				

ANEXO II

**Tablas de designación de los cables
aislados con dieléctricos secos,
para BT y MT
(UNE 20434 y UNE 21030)**

TABLA
Designación de los cables aislados con dieléctricos secos,
para tensiones nominales (V_0/V) de 0,6/1 kV a 18/30 kV

PARTES DE LA DESIGNACIÓN	ELEMENTOS A CONSIDERAR	SÍMBOLO
1	Particularidades constructivas.	<i>Naturaleza del aislamiento:</i> V Policloruro de vinilo (PVC). R Polietileno reticulado (XLPE). D Etileno-propileno (EPR). <i>Cables de campo radial:</i> H Pantalla semiconductor sobre el conductor, sobre el aislamiento y sobre pantalla metálica individual. HO Como en el caso anterior pero, además, con pantalla metálica sobre el conjunto de los conductores aislados cableados. <i>Cubierta de separación:</i> E Polietileno termoplástico. V Policloruro de vinilo. N Policloropreno (neopreno). I Polietileno clorosulfonado. <i>Protecciones metálicas:</i> O Pantalla conjunta. F Fleje de acero. M Alambres de acero. FA Flejes de aluminio. MA Alambres de aluminio. Q Pletinas de acero. QA Pletinas de aluminio. P Tubo de plomo. A Tubo liso de aluminio. AW Tubo coarrugado de aluminio. <i>Cubiertas:</i> E Polietileno termoplástico. V Policloruro de vinilo. N Policloropreno (neopreno). I Polietileno clorosulfonado. Z1 Compuesto termoplástico a base de poliolefina. Cuando la cubierta termoplástica sea de naturaleza especial, se indica a continuación: RH Cubierta resistente a hidrocarburos. FLAM Cubierta no propagadora de incendio.
2	Tensión nominal V_0/V .	Expresada en kV y designando los valores V_0/V .
3	Número de conductores y sección nominal.	Número x sección en mm ² .
4	Forma del conductor.	Sin indicación con cuerda convencional redonda. K Cuerdas compactas. S Cuerdas sectoriales
5	Naturaleza del conductor.	Sin especificar si el conductor es de cobre. Al Si el conductor es de aluminio.

TABLA

Designación de los cables aislados con dieléctricos secos, para tensiones nominales (V_0/V) hasta 0,6/1 kV, según la norma UNE 20434

Parte	Elementos fundamentales de la designación	Posición nº	Referencia a:	Símbolo	Significado
1	Aspectos generales	1	Correspondencia con la normalización	H A ES-N 6 ES	- Cable según normas armonizadas - Cable de tipo nacional autorizado por CENELEC - Cable de tipo nacional (no existe norma armonizada)
		2	Tensión asignada (V_0/V)	01 03 05 07 1	- 100/100 V - 300/300 V - 300/500 V - 450/750 V - 0,6/1 kV
2	Constitución del cable, generalmente según una secuencia radial, partiendo del material de aislamiento	3	Aislamiento	B E G N N2 R S V V2 V3 V4 X Z Z1	- Goma (caucho) de etileno-propileno (EPR) - Polietileno - Etileno-acetato de vinilo - Policloropreno (o producto equivalente) - Mezcla especial de policloropreno (neopreno) - Goma (caucho) natural (o producto equivalente)/ o goma (caucho) de estireno-butadieno - Goma (caucho) de silicona - Policloruro de vinilo (PVC) - Mezcla de PVC (servicio de 90 °C) - Mezcla de PVC (servicio de baja temperatura) - Policloruro de vinilo (reticulado) - Polietileno reticulado (PR) - Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos - Mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos
		4	Revestimientos (1)	C4	- Pantalla de cobre en forma de trenza, sobre el conjunto de los conductores aislados reunidos
		5	Cubierta y envoltente no metálica (1)	B E G J N N4 N8 Q R S T V V2 V4 V5 X Z	- Goma (caucho) de etileno-propileno (EPR) - Polietileno - Etileno-acetato de vinilo - Trenza de fibra de vidrio - Policloropreno (o producto equivalente) - Polietileno clorosulfurado - Policloropreno especial, resistente al agua - Poliuretano - Goma (caucho) natural (o producto equivalente)/ o goma (caucho) de estireno-butadieno - Goma (caucho) de silicona - Trenza textil, impregnada o no, sobre conductores aislados - Policloruro de vinilo (PVC) - Mezcla de PVC (servicio de 90 °C) - Policloruro de vinilo (reticulado) - Mezcla de PVC (resistente al aceite) - Polietileno reticulado (PR) - Mezcla reticulada a base de poliolefina de baja emisión de gases corrosivos y humos

		6	Elementos constitutivos y construcciones especiales	D3 Ninguno H H2 H6 H7 H8	- Elemento portador constituido por uno o varios componentes (metálicos o textiles) situados en el centro de un cable redondo o repartidos en el interior de un cable plano - Cable cilíndrico - Cables planos, con o sin cubierta, cuyos conductores aislados pueden separarse - Cables planos, cuyos conductores aislados no pueden separarse - Cables planos comprendiendo tres conductores aislados o más - Doble capa de aislamiento extruida - Cable extensible
	A continuación, después de un guión, forma del (de los) conductor(es)	7	Material del conductor	Ninguno -A	- Cobre (no tiene código por defecto) - Aluminio
		8	Forma del conductor	-D -E -F -H -K -R -U -Y	- Flexible para uso en cables de máquinas de soldar - Muy flexible para uso en cables de máquinas de soldar - Flexible para servicios móviles (clase 5 de UNE 21022) - Extraflexible (clase 6 de UNE 21022) - Flexible para instalaciones fijas (clase 5 de UNE 21022) - Rígido de sección circular, de varios alambres cableados - Rígido de sección circular, de un sólo alambre - Formado por cintas de cobre arrolladas en hélice alrededor de un soporte textil (Oropel)
3	Número y sección nominal de los conductores	9	Nº de conductores	Nº	- Número de conductores
		10	Símbolo o signo de multiplicación	x G	- Signo "x" en ausencia del conductor amarillo/verde - Símbolo "G" si existe conductor amarillo/verde
		11	Sección nominal	mm²	- Sección nominal (2)

Designación de los conductores de aluminio aislados, cableados en haz (trenzados), para líneas aéreas de 0,6/1 kV de tensión nominal, según la norma UNE 21030

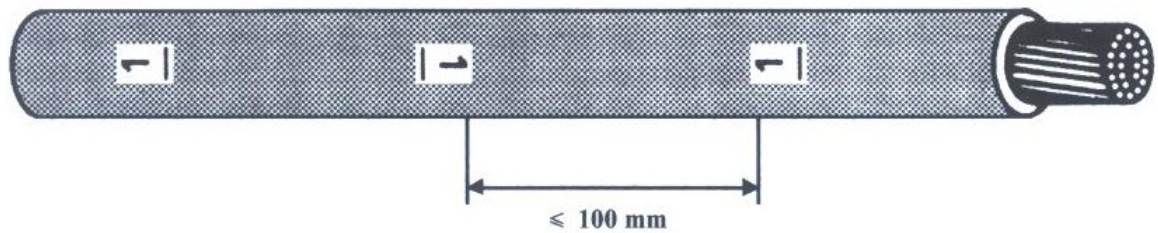
PARTES DE LA DESIGNACIÓN	ELEMENTOS A CONSIDERAR	SÍMBOLO
1	Particularidades constructivas	R Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) Z Cableado en hélice visible
2	Tensión nominal V_0/V	0,6/1 kV
3	Número de conductores y sección nominal	Número x sección en mm² . En el caso de un conductor de sección reducida, la sección de éste seguirá a la de los principales separada por una barra oblicua
4	Naturaleza del conductor	Al Si el conductor es de aluminio Alm Si el conductor neutro es de aleación de aluminio, esta designación seguirá a la sección del mismo

Marcas (según la norma UNE 21030)

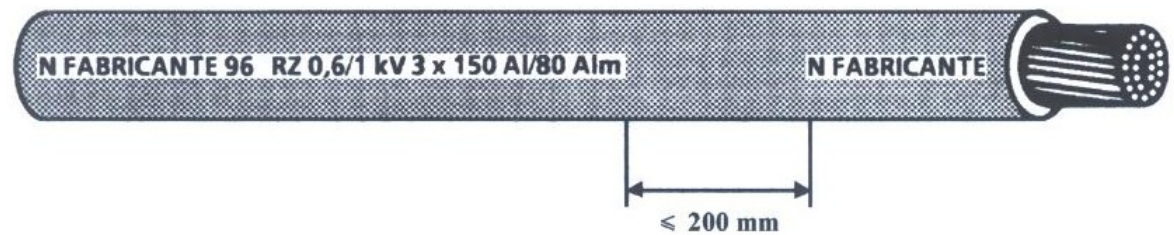
El marcado se efectuará por impresión, grabado o marcado en relieve y será indeleble, duradero y legible.

Los conductores llevarán sobre la superficie exterior de la cubierta aislante, las siguientes marcas:

- Conductores de fase, llevarán las cifras 1, 2 ó 3 con un guión en su base, invertidas alternativamente 180° y con una separación entre marcas no superior a 100 mm, tal y como se indica a continuación en la siguiente figura.



- Conductor neutro (fiador o no), llevará la letra **N** seguida de la identificación del fabricante, las dos últimas cifras del año de fabricación y la designación del haz según el apartado anterior, con una separación entre leyendas no superior a 200 mm, tal como se indica a continuación en la figura.



ANEXO III

**Tablas de los diámetros exteriores
mínimos para los tubos utilizados en
las instalaciones de BT
(UNE-EN 50086-2-1 a UNE-EN 50086-2-4)**

Tabla 1 (de la ITC-BT-14)
Sección mínima del conductor neutro en función de la sección y de la naturaleza de los conductores de fase, y diámetro exterior de los tubos

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

Nota:

- Los diámetros exteriores de los tubos, son para aplicar en todas las Líneas Generales de Alimentación (LGA), que vayan instaladas en el interior de tubos.

Tabla 2 (de la ITC-BT-21)
Tubos en canalizaciones fijas en superficie

Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	35
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–		

Tabla 5 (de la ITC-BT-21)
Tubos en canalizaciones empotradas

Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	—
150	50	63	75	—	—
185	50	75	—	—	—
240	63	75	—	—	—

Tabla 7 (de la ITC-BT-21)
Canalizaciones aéreas o con tubos al aire
(instalaciones cortas para alimentación de máquinas)

Diámetros exteriores mínimos de los tubos, en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	35
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Tabla 9 (de la ITC-BT-21)
Tubos en canalizaciones enterradas

Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir					
Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

BIBLIOGRAFÍA

- ⇒ **Ley de Regulación del Sector Eléctrico (Ley 54/1997).**
- ⇒ Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica (Real Decreto 1955/2000).
- ⇒ **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2002)**, así como sus Instrucciones Técnicas Complementarias y las Guías Técnicas de Aplicación.
- ⇒ **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión (Real Decreto 223/2008)** y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- ⇒ Normas Particulares y Condiciones Técnicas y de Seguridad de la Compañía Sevillana-Endesa.
- ⇒ <http://ffii.nova.es> Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (Información / Punto de información sobre Reglamentación de Seguridad Industrial / Registrarse y se tiene acceso a los modificaciones que se van realizando sobre Reglamentación).
- ⇒ Volumen 1 del Manual Teórico-Práctico de Instalaciones de BT, (publicaciones del Grupo Schneider).
- ⇒ Instalaciones Eléctricas de Enlace y Centros de Transformación de Editorial Thomson-Paraninfo (Toledano y Sanz).
- ⇒ Instalaciones Eléctricas de Enlace y Centros de Transformación de Editorial McGraw-Hill (Guerrero).
- ⇒ Problemas Resueltos de Tecnología Eléctrica de Editorial Thomson-Paraninfo (Moreno, Bachiller y Bravo).
- ⇒ Normas **UNE-EN 50086-2-1 a 50086-2-4**
- ⇒ Norma **UNE 20434**.
- ⇒ Norma **UNE 20435-1:1990 y UNE 20435-2:1990**.
- ⇒ Norma **UNE 20460-5-523:2004**.
- ⇒ Norma **UNE 21030** (series 2003).
- ⇒ Norma **UNE 21123** (series actualizadas a 2004 y 2005).
- ⇒ Normas **UNE serie 82100** (Magnitudes y Unidades).