



Tema VI. Diseño de instalaciones eléctricas: Cálculo eléctrico de líneas.

6.1. CÁLCULO DE SECCIONES: CRITERIOS	2
6.2 TIPOS DE INSTALACIONES Y NORMATIVA (RBT)	2
6.3. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	3
6.4. CRITERIO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN	12
6.5. CRITERIO DEL CORTOCIRCUITO	14
6.6. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT	15
6.7. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT	16
6.8. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL NEUTRO	19
6.9. DIMENSIONADO DE TUBOS Y CANALES PROTECTORAS	20

Universidad Politécnica de Cartagena

DPTO. DE INGENIERÍA ELÉCTRICA – FRANCISCO JAVIER CÁNOVAS RODRÍGUEZ

Tema VI. Diseño de instalaciones eléctricas: Cálculo eléctrico de líneas.

6.1. CÁLCULO DE SECCIÓN: CRITERIOS.

- a) Criterio de la intensidad máxima admisible o calentamiento.
- b) Criterio de la caída de tensión.
- c) Criterio de la intensidad de cortocircuito.

6.2. TIPOS DE INSTALACIONES Y NORMATIVA (RBT)

- a) Instalaciones interiores. ITC-BT-19 (UNE 20460-5-523, Noviembre 2004)
- b) Redes aéreas de distribución en BT, ITC-BT-06 (UNE 21030, 20435, diciembre 2007)
- c) Redes subterráneas de distribución en BT, ITC-BT-07 (UNE 20435, diciembre 2007)

6.3. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS.

a) Procedimiento a seguir

Determinar la intensidad de diseño I_b .

Calcular factores de corrección

Modificar la intensidad de diseño

$$I'_b = \frac{I_b}{F_{local} \cdot F_{temp} \cdot F_{agrup} \cdot F_{armón.}}$$

Determinar la sección entrando en la tabla correspondiente de intensidades admisibles

b) Factor de corrección por arranque (ITC-BT-47 y 44)

Motores 1,25

Lámparas de descarga 1,8 (u otro)

c) Factor de corrección por tipo de local (ITC-BT-29)

Locales con riesgo de incendio 0,85

d-1) Factor de corrección por temperatura (UNE 20460-5-523)

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

Tabla 52 – D1

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 al fabricante.

Fuente: UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-D1

d-2) Factor de corrección por temperatura en conductos enterrados (UNE 20460-5-523)

Aislamiento	Temperatura del terreno (θ_a) (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Tipo PVC (termoplástico)	1,16	1,11	1,06	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47	-	-	-	-
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,11	1,08	1,05	1,00	0,97	0,93	0,86	0,83	0,79	0,74	0,68	0,62	0,55	0,48	0,39

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

Tabla 52 – D2

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

Fuente: UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-D2

e-1) Factor de corrección por agrupamiento de circuitos (UNE 20460-5-523)

Tabla A.52-3
Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores
(a utilizar con los valores de intensidades admisibles de la tabla A.52-1 y A.52-1 bis)

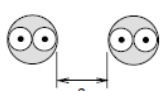
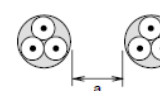
Punto	Disposición	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única en el techo	0,95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

e-2) Factor de corrección por agrupamiento de circuitos enterrados (UNE 20460-5-523)

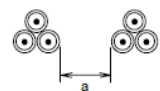
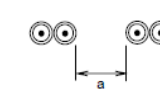
Tabla 52 – E2
Factores de reducción por agrupamiento de varios circuitos, cables directamente enterrados
(Método de instalación D de las tablas 52 – C1 a 52 – C4, cables unipolares o multipolares)

Número de circuitos	Distancia entre cables (a)*				
	Nula (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 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 ±10% en ciertos casos. (Si son necesarios valores más precisos, pueden ser calculados por los métodos de la Norma IEC 60287).

Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-E2

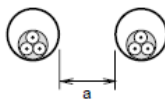
Tabla 52 – E3
Factores de deducción por agrupamiento de varios circuitos, cables instalados en conductos enterrados

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

A. Cables multiconductores en conductos, un cable por conducto

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



B. Cables unipolares, un cable por conducto

Número de circuitos unipolares de dos o tres cables	Distancia entre conductos (a)*			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	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



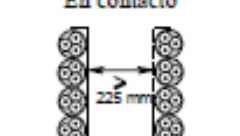

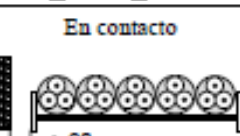



Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-E2

e-3) Factor de corrección por agrupamiento de circuitos Método de instalación E y F (UNE 20460-5-523)

Tabla 52 – E4
Factores de reducción por agrupamiento para varios cables multiconductores (nota 1)
a aplicar a los valores para cables multiconductores instalados al aire libre

(Método de instalación E de las tablas 52 – C7 a 52 – C12)

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	0,99	0,96	0,92	0,87	–	
		3	1,00	0,98	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	–	
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	–	

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.

NOTA 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 $\pm 5\%$.

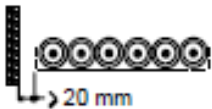
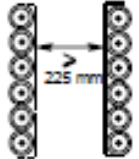
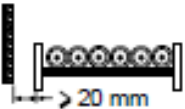
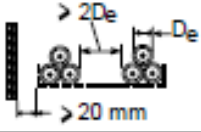
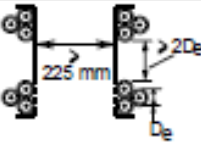
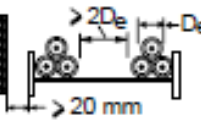
NOTA 2 – Los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm y al menos de 20 mm entre las bandejas y el muro. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

NOTA 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.

Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-E4

Tabla 52 – E5
Factores de reducción por agrupamiento por varios cables multiconductores (nota 1)
a aplicar a los valores para cables unipolares instalados al aire libre

(Método de instalación F de las tablas 52 – C7 a 52 – C12)

Método 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			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			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			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	En contacto			1	1,00	0,98	0,96	Tres cables en trébol
		2	0,97		0,93	0,89			
		3	0,96		0,92	0,86			
Bandejas perforadas verticales (nota 4)	13	En contacto			1	1,00	0,91	0,89	Tres cables en trébol
		2	1,00		0,90	0,86			
Escaleras de cables, abrazaderas, etc. (nota 3)	14 15 16	Separados			1	1,00	1,00	1,00	Tres cables en trébol
		2	0,97		0,95	0,93			
		3	0,96		0,94	0,94			

Fuente: UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-E5

f) Factor de corrección para cables en conductos enterrados con resistividad diferente de 2,5 K·m/W (Método D) (UNE 20460-5-523)

Tabla 52 – D3

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	2,5	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	1	0,96

Fuente: UNE 20460-5-523-Anexo ZB-Tabla 52-D3

g) Factor de reducción por corrientes armónicas (UNE 20460-5-523)

Tabla C.52-1
Factores de reducción para corrientes armónicas en cables con cuatro o cinco conductores

Contenido de tercer armónico en la intensidad de fase %	Factor de reducción	
	Selección basada en la intensidad de fase	Selección basada en la corriente de neutro
0 – 15	1,0	–
15 – 33	0,86	–
33 – 45	–	0,86
> 45	–	1,0

Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo C-Tabla C.52-1

Intensidad máxima admisible (30° y 40° C al aire)

Tabla A.52-1 bis
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla S2-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	A1	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²													
Cu													
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	
Aluminio													
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	

Es necesario consultar las tablas S2 – C1 a S2 – C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo A-Tabla A.52-1 bis

Tabla A.52-1
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación de la tabla S2 - B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
	A1	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3	PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3	PVC2	XLPE3	XLPE2		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²												
Cu												
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
Aluminio												
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

Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo A-Tabla A.52-1

	A1: Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes
	A2: Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes.
	B1: Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra. Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circular.
	B2: Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra. Incluyendo canales para instalaciones -canaletas- y conductos de sección no circular.
	C: Cables multicond. directamente sobre la pared o en bandeja NO perforada (30% superficie)
	E: Cables multiconductores al aire libre o en bandeja perforada, separados de la pared $d \geq 0,3 \cdot \emptyset$.
	F: Cables unipolares en contacto mutuo al aire o en bandeja, separados de la pared $d \geq 1,0 \cdot \emptyset$.

74 Tipos de instalación – 8 Inst. ó métodos de referencia

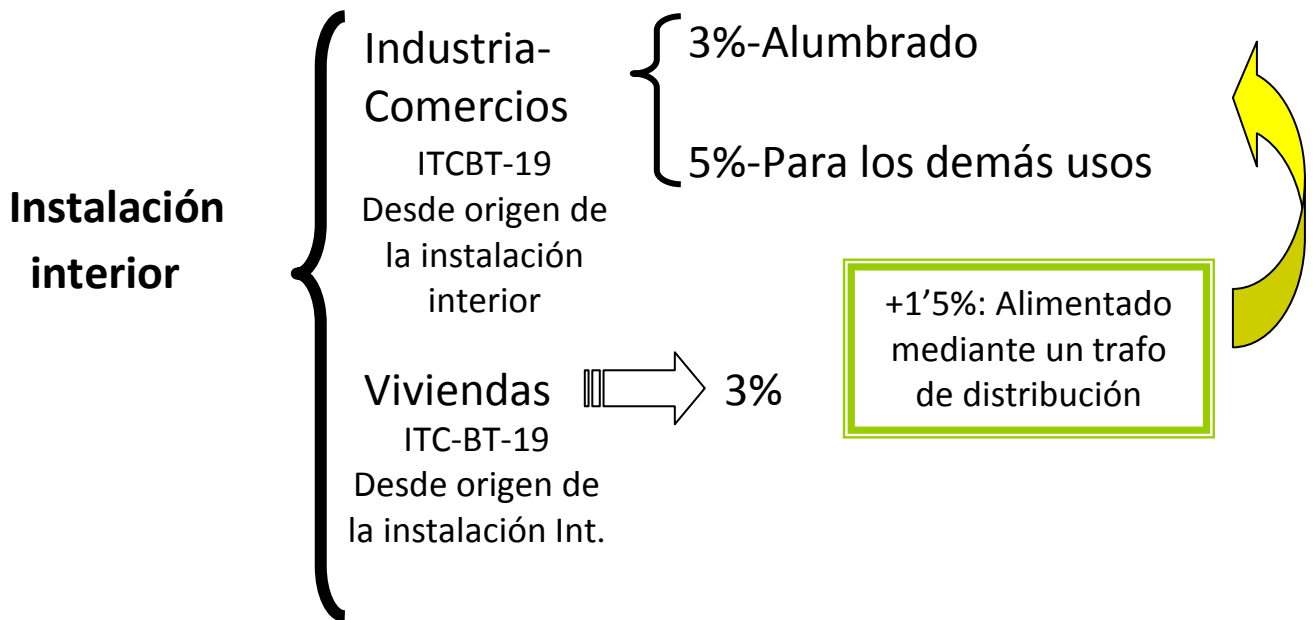
Tabla A.52-2 bis
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 25 °C en el terreno

Método de instalación	Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	Cobre				
	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	Aluminio				
	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	

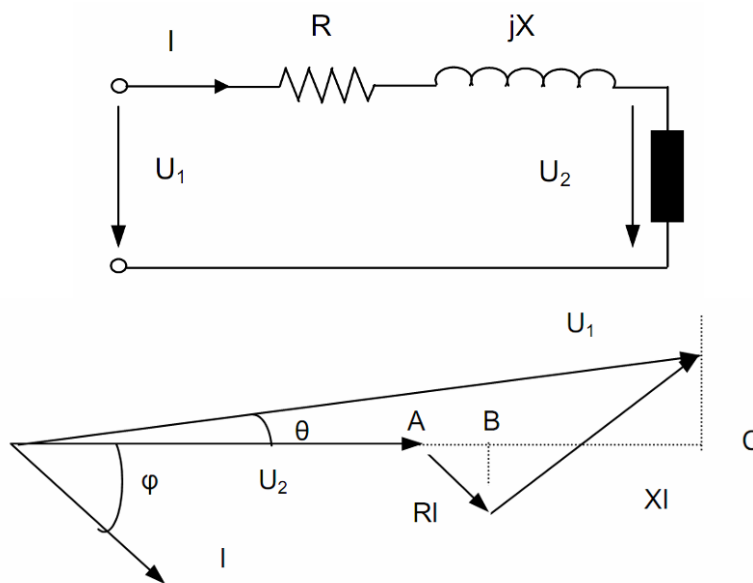
Fuente:UNE 20460-5-523-Anexo A-Tabla A.52-2 bis

6.4. CRITERIO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN.

a) Cuadro de caídas de tensión.



Se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente



Fuente:Guía de BT-Anexo 2)

$$\Delta U = U_{v1} - U_2 \cong_v AB + BC = R I \cos\varphi + XI \operatorname{sen}\varphi.$$

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta U_{III} = (R + X \tan \varphi) (P / U_{v1})$$

Caída de tensión en monofásico:

$$\Delta U_I = 2 (R + X \tan \varphi) (P / U_{v1})$$

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

Simplificaciones

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Monofásica} \Rightarrow S_{CT} = \frac{2 \cdot l \cdot P_c}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot l \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot e} \\ \text{Trifásica} \Rightarrow S_{CT} = \frac{l \cdot P_c}{\sigma \cdot e \cdot U} = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I_c \cdot \cos \varphi}{\sigma \cdot e} \end{array} \right.$$

$\sigma (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	Termoplástico PVC, Z1 70° C	Termoestables XLPE, EPR, Z 90° C
Cu	48	44
Al	30	28

Material	$\rho_{20} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\rho_{70} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\rho_{90} (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$	$\alpha (^\circ\text{C}^{-1})$
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

6.5. CRITERIO DEL CORTOCIRCUITO.

El tiempo de corte t_c para cualquier corriente de cortocircuito en un punto cualquiera de la línea a proteger, no debe ser superior a un valor determinado. Dicho valor está asociado al tiempo en el que la temperatura de los conductores tarda en alcanzar el límite admisible.

(UNE 20460-4-43)

$$0'1 \text{ s.} > t_c \rightarrow (I^2 t)_{disp.} < (k^2 S^2)_{adm}$$

⦿ $0'1 \text{ s.} < t_c < 5 \text{ s.} \rightarrow t_c < t_{adm}$, donde:

$$t_{ad} = \left(K \cdot \frac{S}{I} \right)^2$$

Tabla 43A
Valores de k para un conductor activo

	Aislamiento del conductor							
	PVC 70 °C ≤ 300 mm ²	PVC 70 °C > 300 mm ²	PVC 90 °C ≤ 300 mm ²	PVC 90 °C > 300 mm ²	PR/EPR	Caucho 60 °C	Mineral	Mineral
							Con PVC	Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 *	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	–	–
Conexiones soldadas con estaño para los conductores de cobre	115	–	–	–	–	–	–	–

* Este valor debe ser utilizado para los cables desnudos susceptibles de ser tocados.

Fuente:UNE 20460

	Aislamiento del conductor	
	PVC	PR/EPR
Temperatura inicial °C	70	90
Temperatura final °C	160	250
Cobre	115	143

6.6. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT



- a) Redes aéreas tensadas.
b) Redes aéreas posadas, los conductores apoyados sobre soportes.

a) Procedimiento de verificación

Fuente: UNE 21030 - ITC-BT-06

Determinar la intensidad de diseño I_b .

Calcular factores de corrección

Modificar la int. de diseño con los factores de corrección.

$$I'_b = \frac{I_b}{F_{sol} \cdot F_{temp} \cdot F_{agrup}}$$

Determinar la sección entrando en la tabla correspondiente de intensidades admisibles

b) Factor de corrección por exposición directa al sol

Fuente: UNE 20435

Factor de corrección 0,9 o inferior.


c) Factor de corrección por temperatura exterior

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

d) Factor de corrección por agrupamiento

Fuente: ITC-BT-06.4.2. Para otras separaciones: UNE 21144 -2-2

Agrupación de varios cables en haz al aire. Se aplican a cables separados entre sí, $1 \cdot \varnothing > d > 1/4 \cdot \varnothing$

Número de cables	1	2	3	4	6	Más de 6	
Factor de corrección	1,00	0,89	0,80	0,75	0,75	0,70	

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

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

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

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

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

6.7. CRITERIO DEL CALENTAMIENTO: REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN BT

a) Procedimiento de verificación

(UNE 20435 de Diciembre de 2007 - ITC-BT-07)

Determinar la intensidad de diseño I_b .

Calcular factores de corrección

$$I'_b = \frac{I_b}{F_{temp} \cdot F_{resistividad} \cdot F_{agrupac} \cdot F_{profundidad} \cdot F_{canalización}}$$

Modificar la intensidad de diseño con los factores de corrección.

Determinar la sección entrando en la tabla correspondiente de intensidades admisibles

b) Factor de corrección por temperatura del terreno


Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del aire ambiente en cables en galerías, °C									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
90*	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	
105	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados, °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
90*	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

c) Factor de corrección por profundidad de soterramiento

Cables de 0,6/1 KV		
Profundidad, m	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90



Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

d) Factor de corrección por resistividad térmica del terreno

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm ²	Resistividad del terreno						
	0,8 K·m/W	0,9 K·m/W	1 K·m/W	1,5 K·m/W	2 K·m/W	2,5 K·m/W	3 K·m/W
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81



Si los cables van directamente enterrados tenemos:

Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor mm ²	Resistividad del terreno						
	0,8 K·m/W	0,9 K·m/W	1 K·m/W	1,5 K·m/W	2 K·m/W	2,5 K·m/W	3 K·m/W
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73



Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

e) Factor de corrección por agrupamiento

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables directamente soterrados - Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	-
9	0,49	0,62	0,72	0,79	-
10	0,48	0,61	0,71	-	-

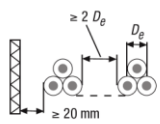
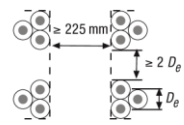
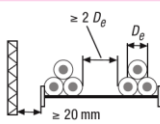


Circuitos en tubulares soterradas Tubos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	0,85	0,88
7	0,61	0,69	0,78	0,84	-
8	0,59	0,67	0,77	0,83	-
9	0,57	0,66	0,76	0,82	-
10	0,56	0,65	0,75	-	-



Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

Factor de Corrección por Agrupamiento de cables al aire libre o en galerías subterráneas

Método de instalación	Número de bandejas	Número de circuitos trifásicos		
		1	2	3
Bandejas perforadas (nota 3) Separados 	1	1,00	0,98	0,96
	2	0,97	0,93	0,89
	3	0,96	0,92	0,86
Bandejas perforadas verticales (nota 4) Separados 	1	1,00	0,91	0,89
	2	1,00	0,90	0,86
Bridas, soportes, ménsulas (nota 3) Separados 	1	1,00	1,00	1,00
	2	0,97	0,95	0,93
	3	0,96	0,94	0,90



- NOTA 1: Los valores son la media para los tipos de cables y la gama de secciones consideradas. La dispersión de los valores es inferior al 5% en general.
- NOTA 2: Los factores se aplican a cables en capas separadas, o en cables en triángulo en capas separadas. No se aplican si los cables se instalan en varias capas en contacto. En este caso los factores pueden ser sensiblemente inferiores. (Ver punto 1 apartado K).
- NOTA 3: Los valores están previstos para una separación entre las bandejas verticales de 300 mm. Para espacios inferiores hay que reducir los factores.
- NOTA 4: Los valores están previstos para una separación de las bandejas horizontales de 225 mm con las bandejas montadas de espalda a espalda. Si la separación es menor hay que reducir los factores.
- NOTA 5: Para circuitos que tengan más de un cable en paralelo por fase, conviene considerar cada conjunto de tres cables como un circuito en el sentido de aplicación de esta tabla.

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

f) Intensidad máxima admisible para Cables de distribución soterrados o cables en galerías subterráneas

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto			
Sección mm ²	Directamente soterrados (1) 	En tubular soterrada (2) 	Al aire, protegido del sol (1) 
ALUMINIO			
25	95	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
COBRE			
25	125	105	115
50	185	155	185
95	260	225	285
150	340	300	390
240	445	400	540

Temperatura del terreno en °C 25
 Temperatura del aire ambiente en °C 40
 Resistencia térmica del terreno en K-m/W 1,5
 Profundidad de soterramiento en m 0,7

(1) Tres cables unipolares al tresbolillo.
 (2) Tres cables unipolares en la misma tubular.

Fuente: Prysmian (<http://www.prysmian.es>)

6.8. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DEL 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:

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

Fuente: ITC-BT-07.1

6.9. DIMENSIONADO DE TUBOS Y CANALES PROTECTORAS.

Dimensionado de tubos y canales protectoras en instalaciones interiores o receptoras.

Fuente: 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	25
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	--	--	--

> 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones → $S_{\text{tubo}} \geq 2,5$ veces la sección ocupada por los conductores (S_{cond}).

Tubos en canalizaciones empotradas.

>5 cond. → $S_{\text{tubo}} \geq 3 \cdot S_{\text{cond}}$

Canalizaciones aéreas o con tubos al aire

>5 cond. → $S_{\text{tubo}} \geq 4 \cdot S_{\text{cond}}$

Tubos en canalizaciones enterradas

>10 cond. → $S_{\text{tubo}} \geq 4 \cdot S_{\text{cond}}$