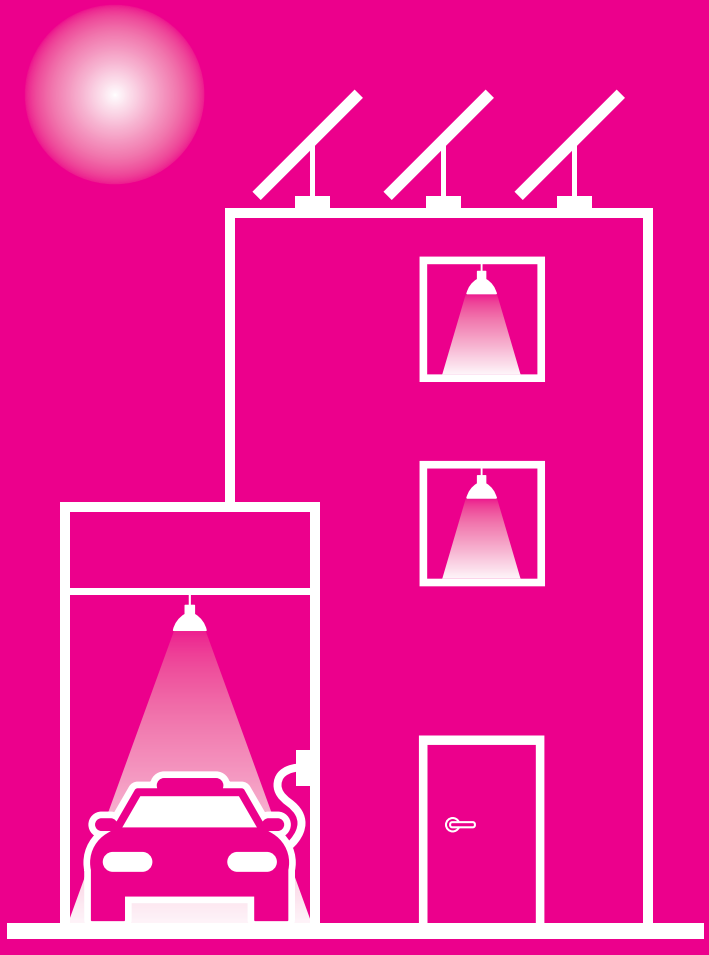
EL LIBRO BLANCO DE LA INSTALACIÓN

Edición 2023 V1

Manual técnico y práctico de cables y accesorios
Baja Tensión



Prysmian Group

Linking the Future

Prysmian

EL LIBRO BLANCO DE LA INSTALACIÓN

Manual técnico y práctico de cables y accesorios
Baja Tensión

EL LIBRO BLANCO DE LA INSTALACIÓN
Manual técnico y práctico de cables y accesorios
Baja tensión

Edición: diciembre 2022

Publicado por PRYSMIAN CABLES SPAIN S.A.U.
Ctra. C-15, km 2 · 08800 Vilanova i la Geltrú (Barcelona)
+34 93 220 14 92
atención.clientes@prysmiangroup.com
www.prysmiangroup.es
www.prysmianclub.es

Reservados todos los derechos.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright.

La infracción de dichos derechos puedes constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Prysmian Cables Spain, S.A.U. se reserva el derecho de modificar el contenido de este catálogo, en cualquier momento y sin previo aviso.

Impreso en España.

Baja Tensión

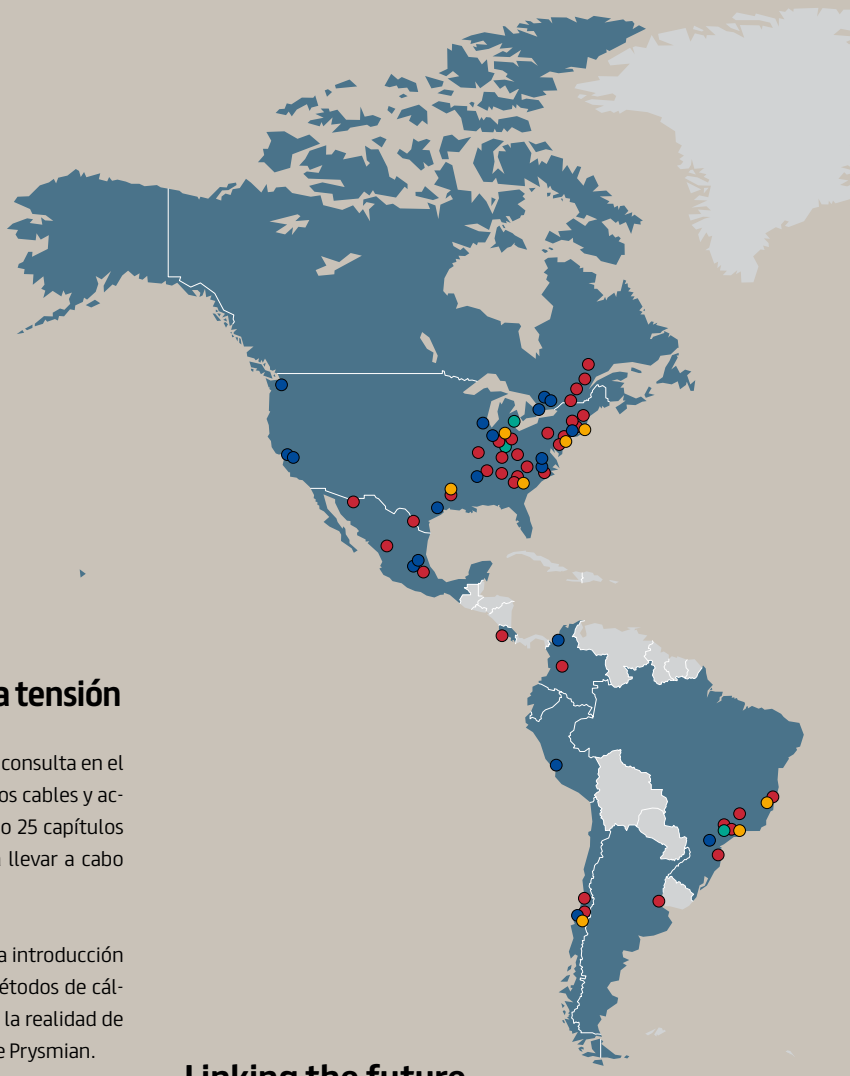
Prysmian Group

Linking the Future

Prysmian Group

En el mundo

108 plantas
50 países
29.000 empleados
26 centros de I+D



Cables y accesorios para baja tensión

Este manual técnico y práctico es un libro de consulta en el que podrás encontrar las características de los cables y accesorios Prysmian para Baja Tensión así como 25 capítulos de soluciones a situaciones frecuentes para llevar a cabo tendidos eléctricos.

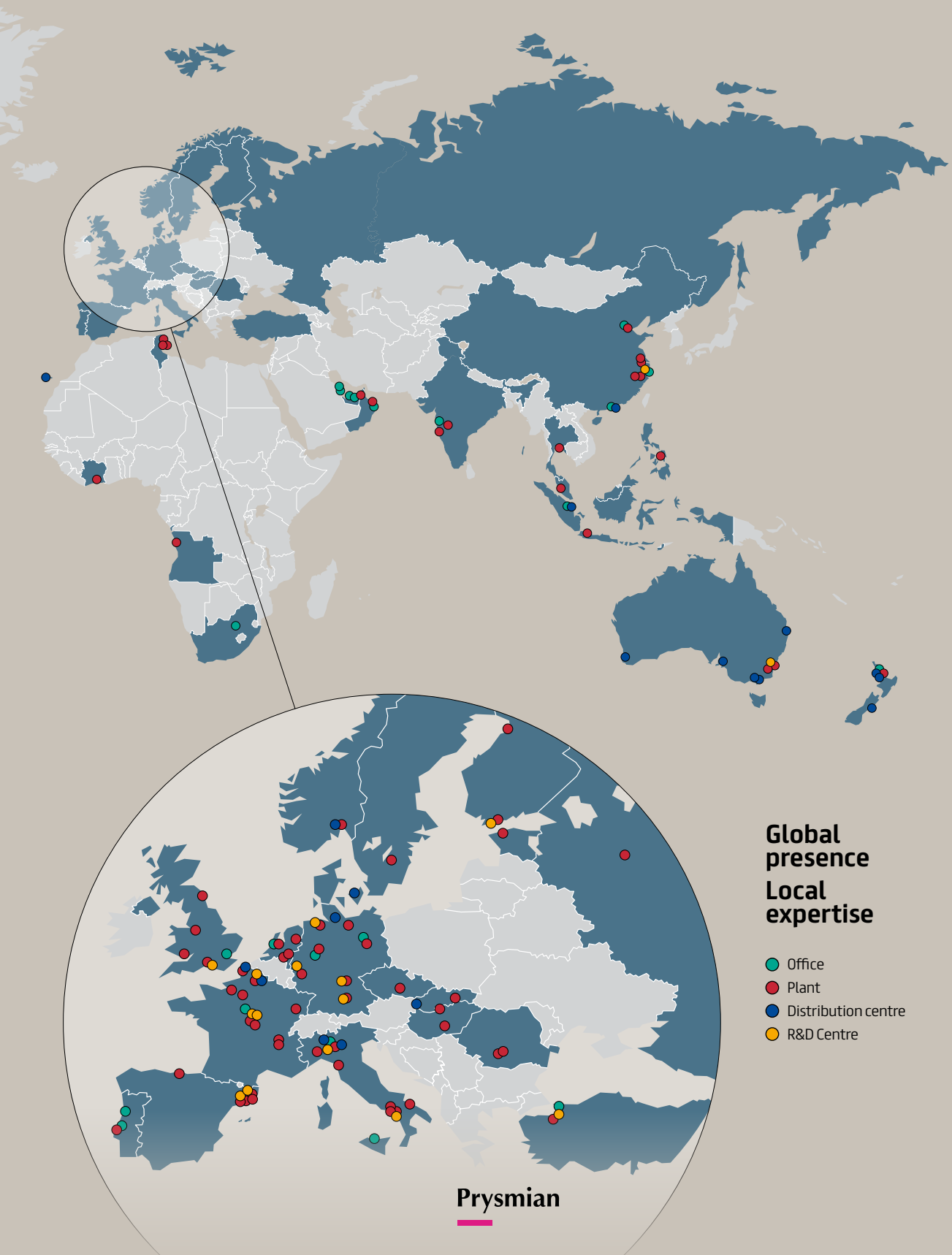
En una primera parte encontrarás una amplia introducción técnica con explicación de los principales métodos de cálculo, ejemplos y ayudas técnicas basadas en la realidad de las instalaciones eléctricas y la experiencia de Prysmian.

La segunda parte del catálogo recoge una colección de fichas donde se detallan las características técnicas cualitativas y cuantitativas de las principales familias de cables y accesorios para Baja Tensión.

Linking the future

Con 26 centros de investigación y desarrollo, el Grupo Prysmian es un referente en innovación, siempre a la vanguardia tanto en el diseño de nuevos productos, como en el desarrollo e implantación de sistemas de energía y fibra óptica para instalaciones singulares y con alta exigencia técnica.

Diseños exclusivos como el P-Laser para Media Tensión, el diseño e instalación de enlaces submarinos o el desarrollo de equipos de comprobación de aislamientos para sistemas de Alta Tensión, sin necesidad de interrumpir el sumnistro eléctrico (PRY-CAM), son el fruto de una dedicada apuesta por la mejora constinua y la búsqueda de nuevas soluciones.


Global presence
Local expertise
Office
Plant
Distribution centre
R&D Centre
Prysmian

Índice

1. GUÍAS DE UTILIZACIÓN

1.1. Guía orientativa de aplicaciones usuales de los cables de Prysmian para Baja Tensión 14
1.2. Soluciones Afumex® CPR COMPLIANT al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) 18
1.3. Ejemplos de aplicación AFUMEX® CLASS FIRS (AS+) en locales de pública concurrencia 20
1.4. Tipos de cables Prysmian para BT 22
1.5. Reglamento de productos de construcción (CPR) y de afectación a los cables 26
1.6. Reglamento de productos de construcción (CPR), declaración de prestaciones (DoP) y marcado CE 31

2. INTRODUCCIÓN TÉCNICA

2.1. Instalaciones interiores o receptoras 41
2.1.1. Componentes de un cable 41
2.1.2. Intensidades admisibles y métodos de instalación 43
2.1.3. Intensidades admisibles 52
2.1.4. Factores de corrección 55
2.2. Redes aéreas para distribución en baja tensión 65
2.2.1. Introducción 65
2.2.2. Intensidades máximas admisibles 65
2.3. Redes subterráneas para distribución (criterio de la norma UNE 20435 y nueva ITC-BT 07) 65
2.3.1. Introducción 65
2.3.2. Tipos de cable 65
2.3.3. Factores de corrección 70
2.4. Redes subterráneas para la distribución o alumbrado exterior (criterio del REBT basado en la antigua UNE 20435) 75
2.4.1. Cables directamente enterrados o enterrados bajo tubo (cables soterrados) 75
2.4.2. Cables instalados en galerias subterráneas 80
2.5. Cálculo de la intensidad de corriente 85
2.6. Cálculo de la sección por caída de tensión 87
2.6.1. Formulario 87
2.6.2. Caídas de tensión máximas admisibles en %, según el reglamento Electrotécnico para Baja Tensión 89
2.6.3. Tablas de caídas de tensión 90
2.6.4. Ejemplo de aplicación de los coeficientes 91
2.6.5. Cálculo de las fórmulas para obtener de la sección por caída de tensión (ejemplo de cálculo) 92
2.7. Intensidades máximas de cortocircuito 101
2.7.1. Cálculo de la fórmula para obtención de sección por cortocircuito 103
2.8. Ejemplos de cálculo de sección para Baja Tensión 109
2.8.1. Línea general de alimentación en edificio de viviendas 109
2.8.2. Derivación individual en edificio de viviendas 111
2.8.3. Ascensor de un centro comercial 114
2.8.4. Cálculo con resultado de varios conductores por fase 118
2.9. Cálculo de sección por intensidad de cortocircuito 123
2.9.1. Cortocircuito máximo (en bornes del cuadro general de mando y protección CGMP) 123
2.10. Radios de curvatura 129
2.11. Tensiones máximas de tracción dutante los tendidos de los cables 133
2.13. Errores más frecuentes en el cálculo de secciones y la elección del tipo de cable 135
2.13.1. Utilizar el cable AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) como si fuera de alta seguridad (AS) cuando sólo es libre de halógenos 135
2.13.2. No considerar la adecuada conductividad eléctrica en el cálculo de sección por caída de tensión 135
2.13.3. Dudar a la hora de interpretar qué significa "PVC2", "PVC3", "XLPE2" y "XLPE3" en la tabla de intensidades admisibles de los cables (UNE-HD 60364-5-52) 135
2.13.4. No aplicar los coeficientes correspondientes en el cálculo de la sección por el criterio de la intensidad máxima admisible 138
2.13.5. No considerar la reactancia en los cálculos de sección por caída de tensión 139
2.13.6. No considerar el cortocircuito admisible por el cable 139
2.13.7. No considerar la posibilidad de repartir la caída de tensión entre la derivación individual y la instalación interior o receptora 139
2.13.8. Utilizar cables RV-K de 1000 V en provisionales de obras 140
2.13.9. Utilizar cables libres de halógenos pensando que siempre tienen características de los nuevos cables de alta seguridad (AS) con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 que exige el REBT y el CPR en locales de pública concurrencia 140
2.13.10. No instalar cables AS+ con Clase C_{ca}-s1b,d1,a1 en servicios de seguridad no autónomos en locales de pública concurrencia 141

2.13.11. Utilizar cables para servicios de seguridad no autónomos en locales de pública concurrencia que cumplen la norma UNE-EN 50200 (IEC 60331-1) pero no son clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1 142
2.13.12. Pensar que en industrias no es obligatorio instalar cables tipo Afumex Class (AS) 143
2.13.13. Instalar RV-K en redes aéreas de alumbrado exterior 143
2.13.14. Emplear cables que no sean clase C_{ca}-s1b,d1,a en lugares con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) 143
2.13.15. Utilizar cables inadecuados para instalaciones permanentemente sumergidas 144
2.13.16. Agrupar las mismas fases en instalaciones de conductores en paralelo y no tener en cuenta el desequilibrio de impedancias que se produce 144
2.13.17. Instalar cables sobre canalizaciones de cables preexistentes y no reducir las intensidades de los cables ya instalados 144
2.13.18. Tomar valores de intensidades directamente de fichas sin advertir las diferentes condiciones estándar de instalación 145
2.13.19. Olvidar la exigencia de cables Afumex por parte del CTE 146
2.13.20. Pretender utilizar cables resistentes al fuego con conductores de aluminio 146
2.13.21. Considerar que la sección geométrica de los cables es igual que la sección eléctrica 147
2.13.22. Utilizar conductores aislados para tendidos en bandejas 147
2.13.23. Instalar cables apantallados con trenza de cobre cuya cobertura es ilegalmente insuficiente 147
2.13.24. No emplear cables con cubierta resistente a hidrocarburos en emplazamientos en que es necesario 148
2.13.25. Utilizar cables con armadura de flejes en locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) 148
2.13.26. No instalar cables adecuados para alimentación de motores con variadores de frecuencia 148
2.13.27. Usar cables sin ensayos bajo normas específicas para instalaciones fotovoltaicas 149
2.13.28. No emplear el cable con conductor de aluminio correcto cuando se debe instalar en local de pública concurrencia o instalación de enlace 149
2.13.29. No conocer todos los factores de los que depende la intensidad admisible de un cable 149
2.13.30. Interpretación del ámbito de aplicación del Reglamento CPR 153
2.13.31. Prescribir clases de reacción al fuego (CPR) que no existen 153
2.13.32. Creer que los cables para centrales contra incendios han de ser de color rojo 153
2.14. Solución a situaciones particulares y frecuentes 155
2.14.1. Agrupaciones de cables en varias capas en bandejas 155
2.14.2. Agrupaciones de tubos en varias capas 156
2.14.3. Agrupaciones de varios circuitos bajo un mismo tubo o conducto (tablas de intensidades para el caso particular de cuadros eléctricos) 156
2.14.4. Agrupación de varios circuitos en un mismo tubo o conducto enterrado 160
2.14.5. Intensidad máxima para cables de uso provisional enrollados en tambor o bobina 160
2.14.6. Cálculo de la reactancia inductiva de circuitos con conductores a tresbolillo o dispuestos en una capa 161
2.14.7. Cálculo de la caída de tensión exacta 161
2.14.8. Colocación de neutros cuando la instalación necesita varios conductores por fase 162
2.14.9. Tensiones eléctricas máximas que pueden soportar permanentemente los cables 165
2.14.10. Marcado de los cables para BT 166
2.14.11. Emisión de CO_2 por kg de cable fabricado 167
2.14.12. Intensidades admisibles y caídas de tensión para líneas de corriente continua 168
2.14.13. Valores de resistencia de conductor a diferentes temperaturas 168
2.14.14. Cables rígidos y cables flexibles. Similitudes y diferencias. Ventajas e inconvenientes 171
2.14.15. Cálculos para alumbrado 173
2.14.16. Variación de las condiciones de instalación a lo largo del tendido del cable 173
2.14.17. Intensidades admisibles para cables con más de 4 conductores cargados 174
2.14.18. Agrupación adecuada de conductores en instalaciones fotovoltaicas 175
2.14.19. Cables expuestos al sol 176
2.14.20. Reducción de la potencia perdida por efecto Joule en los conductores, por reducción de la intensidad de corriente respecto al valor máximo admisible 177
2.14.21. Cálculos de sección a 50 y a 60 Hz en BT 177
2.14.22. Últimas normas de diseño para cables de BT 178
2.14.23. Coloración de los conductores 180
2.14.24. Cables unipolares y cables multipolares. Cuándo utilizarlos 181
2.14.25. Designación de los cables para BT 182

2.14.26. Las unidades del sistema internacional y los cables....182
2.14.27. Secciones de conductor ¿de dónde provienen?....183
2.14.28. Elección de la tensión asignada de los cables en BT....184
2.14.29. Separación entre cables eléctricos de energía y cables de comunicaciones (UTP, FTP...)....186
2.14.30. Galga americana AWG de secciones de conductor....190
2.14.31. Cálculo de la caída de tensión en una línea con fasores....191
2.14.32. Conductores aislados y cables con cubierta....193
2.14.33. Cálculo de sección de cables resistentes al fuego (AS+)....195
2.14.34. Clases de reacción al fuego exigidas por las reglamentaciones....195
2.14.35. Capacidad de los tubos y conductos circulares para canalizaciones de BT. Ejemplos de cálculo....196
2.14.36. Situación actual del REBT y renovación inminente....199
2.15. Ensayos de fuego....201
2.15.1. No propagación de la llama....202
2.15.2. No propagación del incendio (UNE-EN 50399)....203
2.15.3. Baja emisión de calor (UNE-EN 50399)....203
2.15.4. Baja emisión de humos (s) (UNE-EN 50399)....204
2.15.5. Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas (d) (UNE-EN 50399)....204
2.15.6. Libre de halógenos, baja emisión de gases corrosivos y reducida emisión de gases tóxicos (a)....205
2.15.7. Baja opacidad de humos....206
2.15.8. Resistencia el fuego....207
2.16. Cálculos de sección en lineas abiertas de sección uniforme....209
2.17. Instalaciones fotovoltaicas....213
2.17.1. Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo....213
2.17.2. Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 50 kW para autoconsumo industrial....221
2.17.3. Incidencia de los agrupamientos de circuitos de strings fotovoltaicos en bandejas. Intensidades máximas admisibles. Tablas de aplicación....228
2.17.4. Caídas de tensión en líneas de strings fotovoltaicos (tablas de aplicación)....233
2.17.5. Ejemplo de cálculo de línea de evacuación en contínua en parque fotovoltaico....240
2.18. Recarga de vehículo eléctrico....243
2.18.1. Cálculo de circuito para punto de recarga en edificio de viviendas....243
2.18.2. Instalación para recarga de vehículo eléctrico. Cálculos para edificio de nueva construcción....248
2.18.3. Cálculo de cables de alimentación a una electrolinera de 50 kW....255
2.19. Eficiencia energética....261
2.19.1. Amortización económica y ecológica de líneas eléctricas. Energía consumida por el sistema y energía perdida en las líneas....261
2.19.2. Ejemplo de cálculo de sección económica y "amortización ecologica"....268
2.19.3. Ejemplo de cálculo de sección de los conductores de alimentación a una batería de condensadores....274
2.19.4. Sección económica. Cálculo de la amortización de todas las secciones de Afumex Class 1000 V (AS) en todos los casos. Hoja Excel de cálculo automático....277
2.19.5. Cálculo de la sección óptima del conductor basada en el coste energético y ambiental según la nueva norma IEC 62125....282

3. ESQUEMAS DE APLICACIÓN

3.1. Residencial....290
3.2. Autoconsumo con vertido en red y acumulación. Instalación fotovoltaica y comunicaciones....292
3.3. Instalación con circuito adicional individual para la recarga en viviendas unifamiliares....294
3.4. Aerotermia con autoconsumo residencial....296
3.5. Domótica residencial por radiofrecuencia....298
3.6. Terciario....300
3.7. Servicios de seguridad y puntos de recarga de vehículo eléctrico en parking subterráneo....302
3.8. Instalación fotovoltaica 50 kW....304
3.9. Aerotermia con autoconsumo terciario....306
3.10. Recarga vehículo eléctrico. Fotovoltaica y cableado estructurado....308
3.11. Instalación KNX....310
3.12. Industrial....312
3.13. Industrial. Control y automatización cadena de produccion industrial....314

4. CABLES PARA INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

4.1. Afumex 318
AFUMEX CLASS 500 V (AS) - ES05Z1-K TYPE 2 (AS) flexible 500 V AS 319
AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+) - SOZ1-K (AS+) AS+ para alarmas, pulsadores, detectores de incendio y megafonía de seguridad 322
AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) flexible 750 V AS 325
AFUMEX CLASS HAZ (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) flexible 750 V AS para derivaciones individuales 328
AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS) - H07Z1-R TYPE 2 (AS) rígido 750 V AS para centralizaciones contadores 331
AFUMEX PANELES Flex - H05Z-K (500 V) - H07Z-K (750 V) flexible 750 V AS termoestable (90 °C) 334
AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS) de 1000 V AS 337
AFUMEX CLASS MANDO (AS) - RZ1-K (AS) de 1000 V AS para derivaciones individuales 341
AFUMEX CLASS FIRS (AS+) - mRZ1-K (AS+) resistente al fuego AS+ servicios de seguridad no autónomos 344
AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS) - Z1Z1-K (AS) AS para control y mando 348
AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS) AS armado con hilos de acero (zonas ATEX) 351
AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS) AS armado con hilos de acero (zonas ATEX hidrocarburos) 356
BLINDEX PROTECH 500 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS) AS apantallado para control y mando 362
BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS) AS apantallado para suministro de energía 365
AFUMEX CLASS VARINET VFD 1000 V (AS) RZ1C40Z1-K (AS) AS para alimentación de motores con variadores de frecuencia 368
AFUMEX EXPO - H07ZZ-F para servicios móviles provisionales en locales públicos, ferias... 371
AL AFUMEX CLASS (AS) - AL RZ1 (AS) de 1000 V AS de aluminio 375
4.2. Fotovoltaicos 378
PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K para instalaciones fotovoltaicas (certificación Bureau Veritas) 379
TECSUN - H1Z2Z2-K para instalaciones fotovoltaicas (certificación TÜV y VDE) 382
4.3. PVC 386
WIREPOL CPRO Flex - H05V-K (500 V) - H07V-K (750 V) flexible 750 V PVC 387
WIREPOL CPRO Rígido H05V-U (500 V) - H07V-U (750 V) - H07V-R (750 V) rígido 750 V PVC 390
RETENAX CPRO Flex - RV-K flexible de 1000 V PVC 393
RETENAX CPRO Rígido - RV (XV) rígido de 1000 V PVC 397
WIREPOL CPRO GAS - H05VV-F manguera blanca 500 V PVC 401
SINTENAX CPRO AG - H05VV-F manguera negra 500 V PVC 404
SINTENAX CPRO 1000 V - VV-K PVC para control y mando 407
RETENAX FLAM F - RVFV PVC armado con flejes de acero 410
4.4. Goma 416
FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F de goma (provisionales de obras, servicios móviles...) 417
4.5. Distribución 423
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) - AL XZ1 (S) de 1000 V de aluminio 424
AL VOLTALENE FLAMEX (AS) - AL -XZ1 (AS) AS de 1000 V de aluminio para galerías subterráneas 427
AL POLIRRET CPRO - AL RZ de aluminio trenzado (redes aéreas tensadas o posadas) 430
POLIRRET FERIEX CPRO - RZ de cobre trenzado (redes aéreas de alumbrado exterior) 433
4.6. Comunicaciones 436
DATAX LiYCY CPRO - LiYCY apantallado para datos, señales analógicas y digitales 437

5. ACCESORIOS

5.1. TECPLUG 443
5.2. Tubo TERMOSPEED PTPF (pared fina) 446
5.3. Tubo TERMOSPEED PTPF-AF (libre de halógenos) 448
5.4. Tubo TERMOSPEED PTPE (para embarrado) 450
5.5. Tubo TERMOSPEED PTPG (pared gruesa) 453
5.6. Tubo TERMOSPEED PTPM (pared media) 455
5.7. Capuchón termoretráctil TERMOSPEED PCC 457
5.8. Polifurcación TERMOSPEED PPD 459
5.9. Derivación TERMOSPEED PLVKD 461
5.10. Manta TERMOSPEED PMT 462
5.11. Empalme/derivación BICAST PBU (vertido de resina) 464
5.12. Cinta P1000 (PVC) 465
5.13. Cinta PBA-1 466
5.14. Lubricantes LUTEC (para tendidos de energía y telecomunicaciones) 468
5.15. Disolventes LIENER (para limpieza de cables y equipos eléctricos) 470
5.16. Disolventes LICOM (Para cables de telecomunicaciones) 472

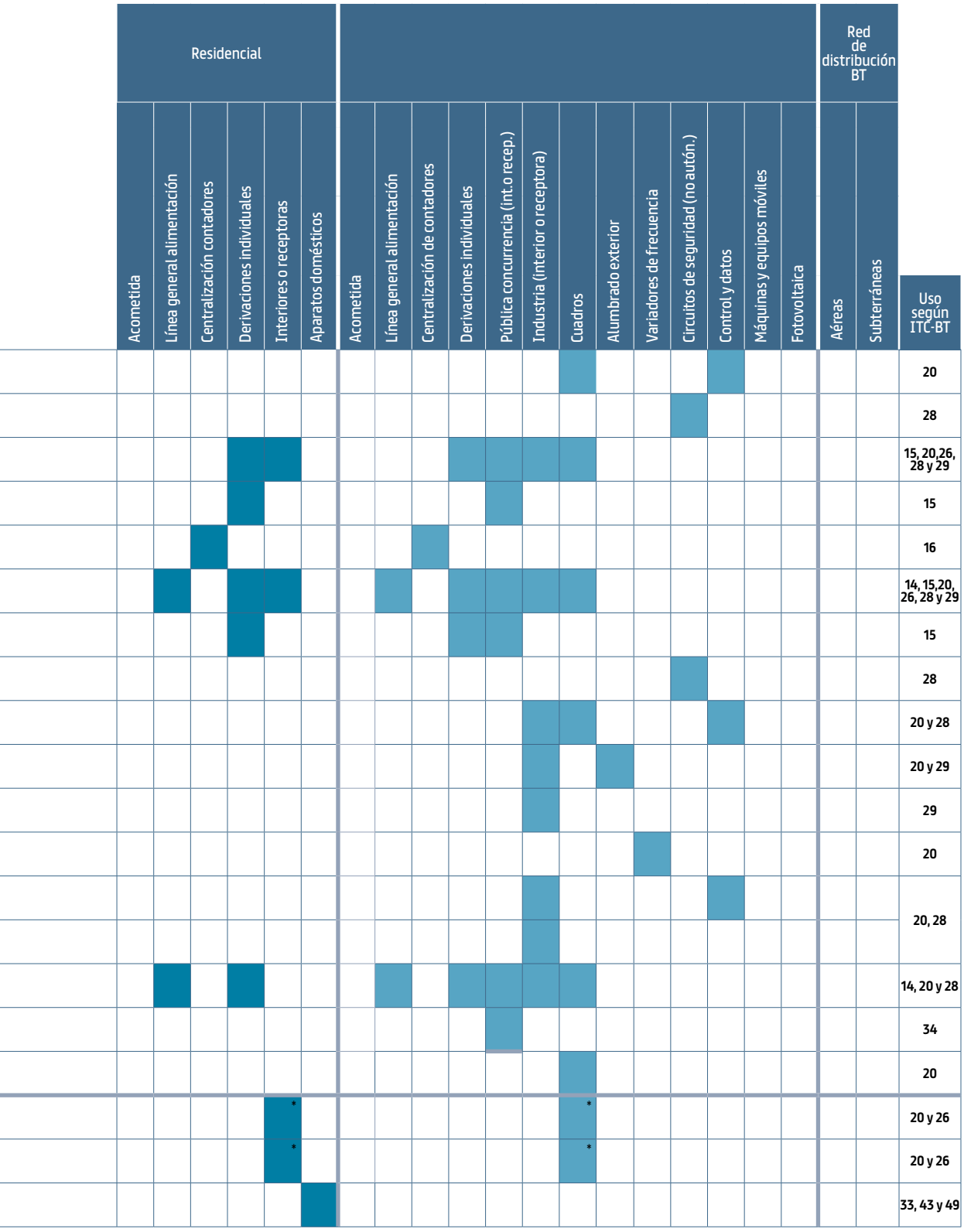
1. Guías de utilización

Prysmian Group

1.1. Guía orientativa de aplicaciones usuales de los cables de Prysmian para Baja Tensión

Gama	Tipo	Clase de reacción al fuego (CPR)	Tensión asignada (V)	Designación genérica	Construcción	U M*	TP TE**	Página
AFUMEX CLASS	500 V (AS)	C_{ca}-s1b,d1,a1	300/500	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)	Cu / Afumex	U	TP	319
	FIRS DETEC SIGNAL (AS+)			S0Z1-K (AS+)	Cu / silicona / cinta Al-pol / Afumex	M	TE	322
	750 V (AS)		450/750	H07Z1-K TYPE 2 (AS)	Cu / Afumex	U	TP	325
	HAZ (AS)			H07Z1-K TYPE 2 (AS)	Cu / Afumex	M	TP	328
	PANELES Rígido (AS)			H07Z1-R TYPE 2 (AS)	Cu / Afumex	U	TP	331
	1000 V (AS)		600/1000	RZ1-K (AS)	Cu / XLPE / Afumex	U y M	TE	337
	MANDO (AS)			RZ1-K (AS)	Cu / XLPE / Afumex	M	TE	341
	FIRS (AS+)			mRZ1-K (AS+)	Cu / mica / XLPE / Afumex	U y M	TE	344
	MÚLTIPLE 1000 V (AS)			Z1Z1-K (AS)	Cu / Afumex / Afumex	M	TP	348
	ATEX (AS)			RZ1MZ1-K (AS)	Cu / XLPE / Afumex / hilos acero / Afumex	U y M	TE	351
	ATEX 2RH (AS)			RZ1MZ1-K 2RH (AS)	Cu / XLPE / Afumex RH / hilos acero / Afumex RH		TE	356
	AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)			RZ1C40Z1-K (AS)	Cu / Afumex / hilos Cu / Al-pol / Afumex	M	TE	368
BLINDEX PROTECH	500 V (AS)		300/500	Z1C4Z1-K (AS)	Cu / Afumex / trenza hilos Cu / Afumex	U y M	TP	362
	1000 V (AS)		600/1000	Z1C4Z1-K (AS)				365
AFUMEX	AL (AS)		600/1000	AL RZ1 (AS)	Cu / Afumex	U	TE	375
	EXPO	--	450/750	H07ZZ-F	Cu / goma Afumex / Afumex 90 °C	U y M	TE	371
	PANELES Flex			H05Z-K / H07Z-K	Cu / Afumex 90 °C	U	TE	334
WIREPOL CPRO	Flex	E_{ca}	450/750	H07V-K	Cu / PVC	U	TP	387
	Rígido			H07V-U / H07V-R	Cu / PVC		TP	390
	GAS		300/500	H05VV-F	Cu / PVC / PVC	M	TP	401

(*) U = Unipolar, M = multipolar
(**) TP = termoplástico (70° C), TE = termoestable (90° C)



*Salvo obligación de AFUMEX Class (AS).

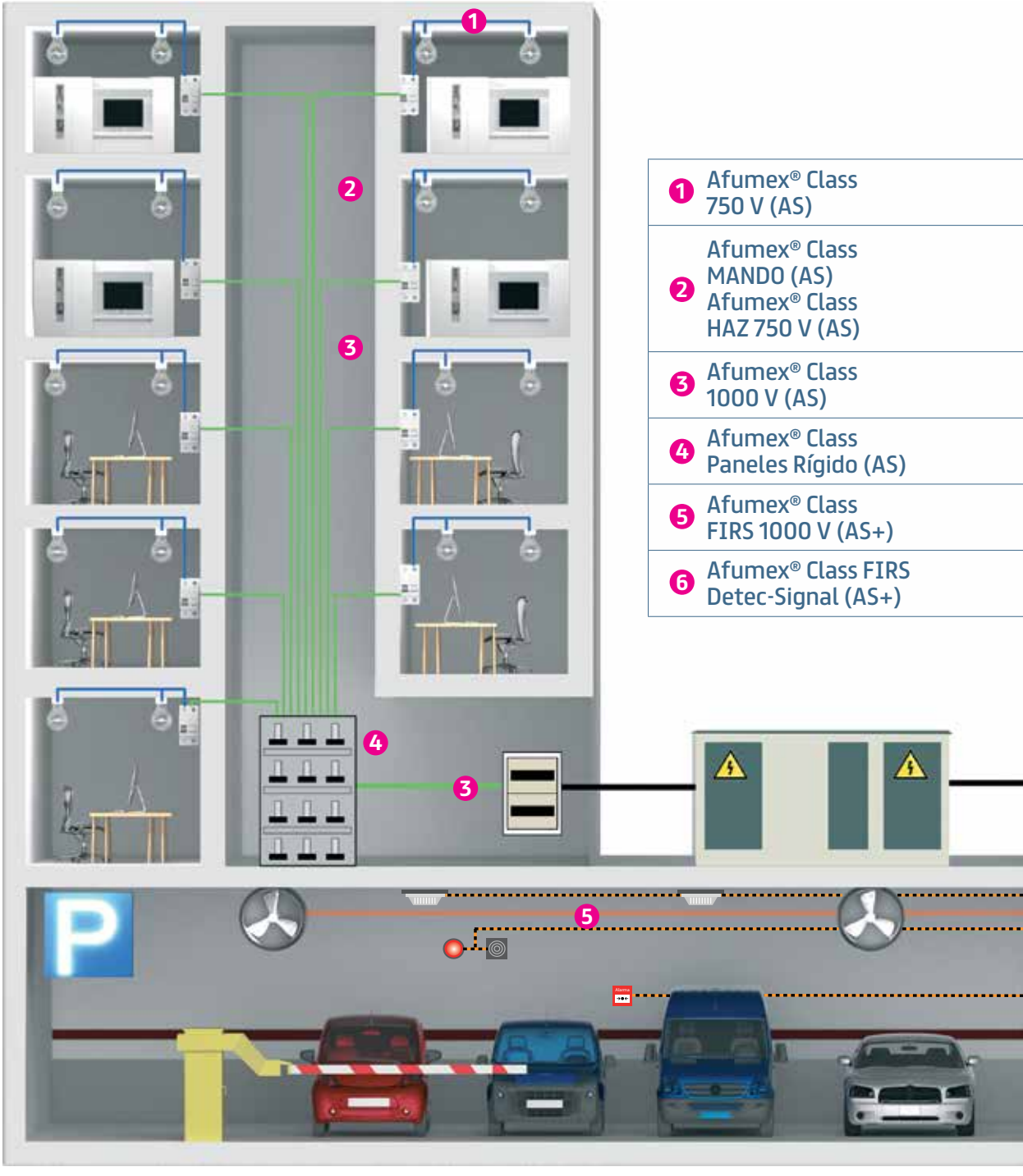
Gama	Tipo	Clase de reacción al fuego (CPR)	Tensión asignada (V)	Designación genérica	Constracción	U M*	TP TE**	Página
RETENAX CPRO	**Flex**	E_{ca}	600/1000	RV-K	Cu / XLPE / PVC	U y M	TE	**393**
	Rígido			RV (XV)	Cu / XLPE / PVC		TE	**397**
RETENAX	**FLAM F**	F_{ca}		RVFV	Cu / XLPE / PVC / flejes acero / PVC	U y M	TE	**410**
SINTENAX CPRO	**SINTENAX CPRO AG**	E_{ca}	300/500	H05VV-F	Cu / PVC / PVC	M	TP	**404**
	SINTENAX CPRO 1000 V		600/1000	VV-K	Cu / PVC / PVC	M	TP	**407**
FLEXTREME MAX		E_{ca}	600/1000 (fijo) 450/750	H07RN-F/DN-F	Cu / goma / goma	U y M	TE	**417**
PRYSMIAN PRYSOLAR		E_{ca}	1000/1000	H1Z2Z2-K	Cu estañado / compuesto LSZM / compuesto LSZM	U	TE	**379**
TECSUN		D_{ca}-s2,d2,a2 y E_{ca}	1000/1000	H1Z2Z2-K	Cu estañado / compuesto LSZM / compuesto LSZM	U	TE	**382**
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO		E_{ca}	600/1000	AL XZ1 (S)	Al / XLPE / Flamex	U	TE	**427**
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)		C_{ca}-s1b,d2,a1	600/1000	AL XZ1 (AS)	Al / XLPE / Afumex PR / Flamex	U	TE	**424**
POLIRRET CPRO	**AL**	F_{ca}	600/1000	AL RZ	Al / XLPE	M	TE	**430**
	FERIEX			RZ	Cu / XLPE	M	TE	**433**
DATAX LIYCY CPRO		E_{ca}	250	LiYCY	Cu / PVC / trenza hilos Cu estañado / PVC	M	TP	**437**

(*) U = Unipolar, M = multipolar
(**) TP = termoplástico (70° C), TE = termoestable (90° C)

Residencial						Terciario e industria												Red de distribución BT		
Acometida	Línea general alimentación	Centralización contadores	Derivaciones individuales	Interiores o receptoras	Aparatos domésticos	Acometida	Línea general alimentación	Centralización de contadores	Derivaciones individuales	Pública concurrencia (int.orecep.)	Industria (interiororeceptora)	Cuadros	Alumbrado exterior	Variadores de frecuencia	Circuitos de seguridad (noautón.)	Control y datos	Máquinas y equipos móviles	Fotovoltaica	Aéreas	Subterráneas	Uso según ITC-BT
				*								*									09, 20
												*									09, 20
																					09, 20
																					33, 43 y 49
																					20
																					20, 30, 33, 34, 35, 41 y 42
																					53
																					53
																					07 y 20
																					07 (uso según TTC-BT)
																					06 y 20
																					09 y 20
																					20

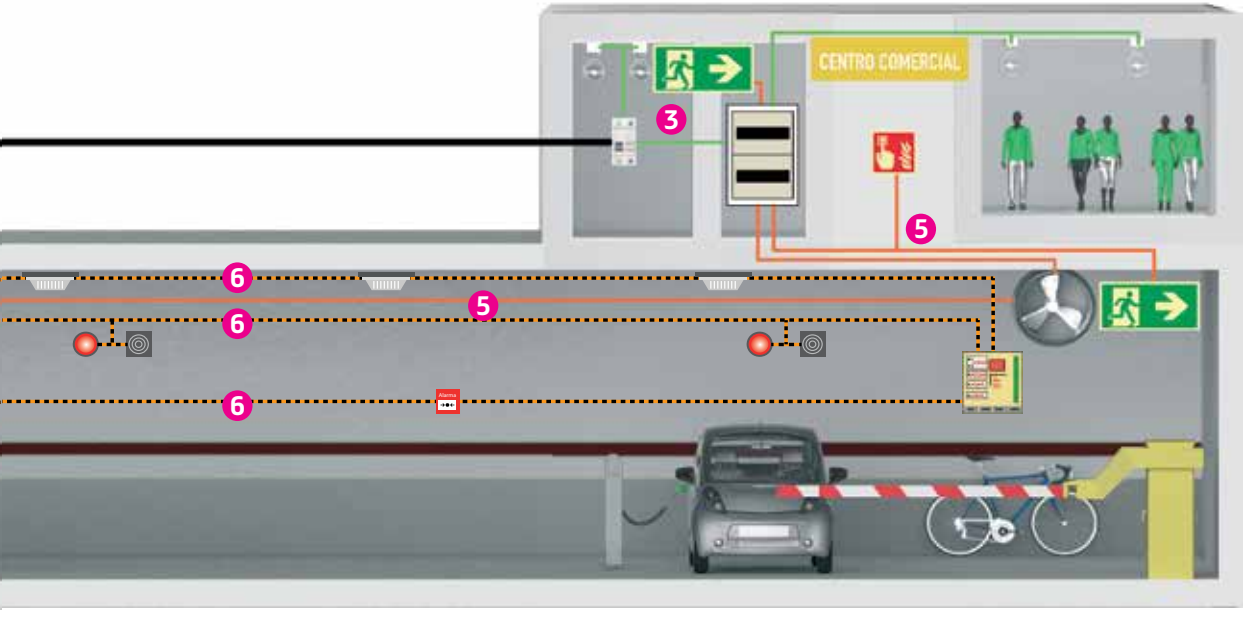
*Salvo obligación de AFUMEX Class (AS).

1.2. Soluciones Afumex® CPR COMPLIANT al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT)

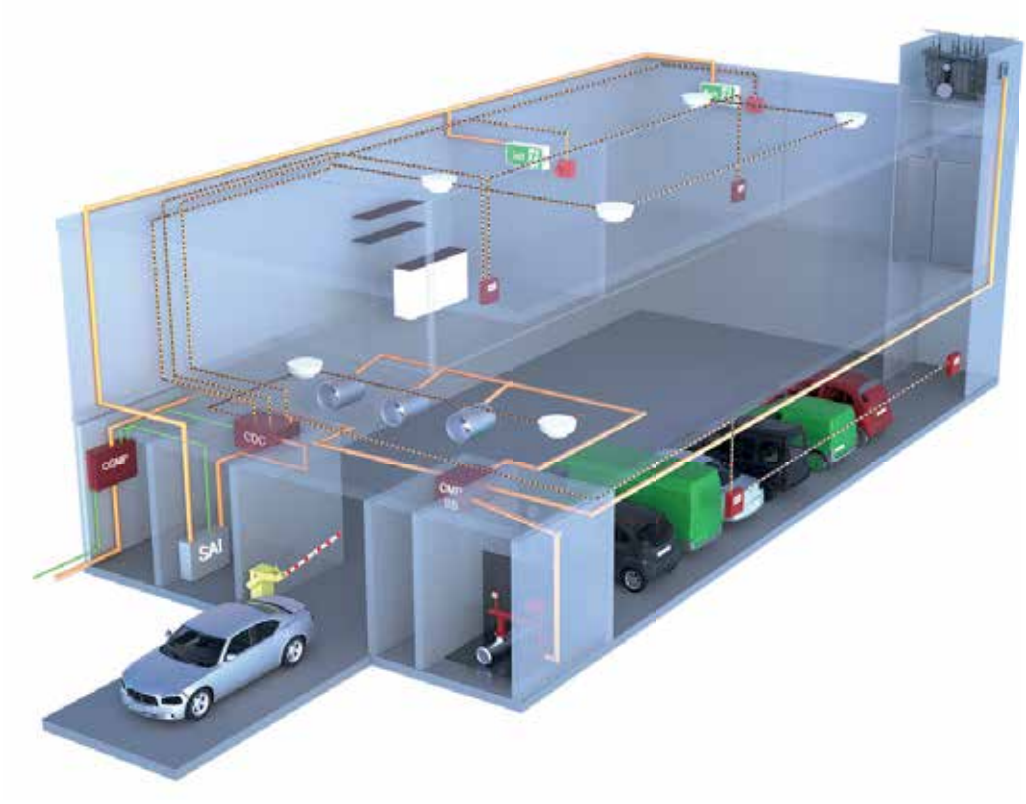


1	Afumex® Class 750 V (AS)
2	Afumex® Class MANDO (AS) Afumex® Class HAZ 750 V (AS)
3	Afumex® Class 1000 V (AS)
4	Afumex® Class Paneles Rígido (AS)
5	Afumex® Class FIRS 1000 V (AS+)
6	Afumex® Class FIRS Detec-Signal (AS+)

	Circuitos de Servicios de Seguridad en Locales de Pública Concurrencia. (ITC-BT 28) Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a servicios con fuentes autónomas centralizadas,deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE EN 50200 (cables resistentes al fuego). Los cables serán de la clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1. Los cables con característcas equivalentes a las de la norma UNE 21123, partes 4 ó 5, o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable) cumplen con esta prescripción en cuanto a la reacción al fuego.	**Instalaciones interiores en Locales de Pública Concurrencia.(ITC-BT 28)** Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, serán de la clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123, partes 4 ó 5, o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable) cumplen con esta prescripción.	**Línea General de Alimentación. (ITC-BT 14)** La Línea General de Alimentación une la CGP (caja general de protección), con la CC (concentración de contadores). Los cables serán de la clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 partes 4 ó 5 cumplen con esta prescripción.	**Derivaciones Indiviuales. (ITC-BT 15)** La Derivación Individual une el embarrado general (parte de la Línea General de Alimentación), con la instalación Interior de Abonado. Los cables serán de la clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1. Los cables con características equivalentes a los de la norma UNE 21123, partes 4 ó 5, o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable) cumplen con esta prescripción.	**Centralización de Contadores. (ITC-BT 16).** En las Centralizaciones de Contadores, los cables serán de una tensión asignada 450/750 V, y serán de la clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1. Los cables con características equivalentes a los de la norma UNE 21027-9, (mezclas termoestables) o de la norma UNE 211002 (mezclas termoplásticas) cumplen con esta prescripción. Los conductores serán rígidos de clase 2.
		●		●	
				●	
		●	●	●	
					●
	●				
	●				



1.3. Ejemplos de aplicación AFUMEX® CLASS FIRS (AS+) en locales de pública concurrencia



Centro comercial

El esquema representado ilustra una instalación en un centro comercial con central de detección de incendios convencional.

Todos los circuitos que parten de la central están representados con cable AFUMEX CLASS FIRS Detec-Signal, (AS+) (naranja con línea negra intermitente).
Los circuitos de color naranja que no parten de la central de detección presentan cable AFUMEX CLASS FIRS (AS+) por tratarse de servicios de seguridad no autónomos.

En color verde se encuentran el resto de circuitos, los que no precisan ser resistentes al fuego y, por tanto con cable AS [AFUMEX CLASS 750 V (AS) o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)], suficiente para realizar estas canalizaciones de acuerdo con la reglamentación.

Cine

Para el caso de instalaciones contra incendios con central de detección analógica podemos ver que tanto el lazo como las alarmas están alimentados con **AFUMEX CLASSS FIRS Detec-Signal, (AS+)**. El esquema representado ilustra una instalación posible en un cine.

El cable de las balizas de señalización, del equipo de bombeo y del grupo electrógeno es **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)** para garantizar la seguridad, y tanto el suministro principal como la alimentación a equipos autónomos (emergencias autónomas, batería y central de detección) se han instalado cables **AFUMEX CLASS 750 V (AS) o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)**. En caso de incendio y cortocircuito en estas canalizaciones o rotura de algún conductor, el servicio a los receptores finales está asegurado por la propia autonomía de los elementos que alimentan.

- **CGMP:** Cuadro general de mando y protección.
- **CGMPSS:** Cuadro general de mando y protección de los servicios de seguridad.
- **CDC:** Central de detección convencional.
- **CDA:** Central de detección analógica.
- **SAI:** Sistema de alimentación ininterrumpida.

1.4. Tipos de cables Prysmian para BT

Cable	Tensión asignada	Norma diseño	Designación genérica	Aplicaciones
Afumex				
AFUMEX CLASS 500 V (AS)	300/500 V	UNE 211002	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)	Circuitos de señalización o mando, timbres, alarmas domésticas o similares.
AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)	300/500 V	UNE 211025 UNE-EN 50288-7	SOZ1-K (AS+)	Alimentación de pulsadores, detectores y alarmas de centrales contra incendios y megafonía de seguridad.
AFUMEX CLASS 750 V (AS)	450/750 V	UNE-EN 50525-3-31 / UNE 211002	H07Z1-K TYPE 2 (AS)	Derivaciones individuales, locales de pública concurrencia e industrias, cableado interior de cuadros, locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado*) y, para todas las instalaciones en las que el riesgo de incendio no sea despreciable. Instalaciones interiores o receptoras.
AFUMEX CLASS HAZ (AS)	450/750 V	UNE-EN 50525-3-31 / UNE 211002	H07Z1-K TYPE 2 (AS)	Derivaciones individuales.
AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS)	450/750 V	UNE-EN 50525-3-31 / UNE 211002	H07Z1-R TYPE 2 (AS)	Centralización de contadores, cableado de cuadros, paneles y bastidores de relés.
AFUMEX PANELES flex	450/750 V	UNE-EN 50525-3-41	H05Z-K / H07Z-K	Cableado de cuadros de máquina.
AFUMEX CLASS 1000 V (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	RZ1-K (AS)	Líneas generales de alimentación, derivaciones individuales, locales de pública concurrencia, locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado*) e industrias y aquellas instalaciones en las que el riesgo de incendio no sea despreciable. Instalaciones interiores o receptoras.
AFUMEX CLASS MANDO (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	RZ1-K (AS)	Derivaciones individuales.
AFUMEX CLASS FIRS (AS+)	0,6/1 kV	UNE 211025	mRZ1-K (AS+)	Servicios de seguridad no autónomos o servicios con fuentes autónomas centralizadas. Extractores y ventiladores para control del humo de incendio en garajes, aparcamientos, cocinas industriales, establecimientos públicos y atríos.
AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	Z1Z1-K (AS)	Locales de pública concurrencia e industrias y aquellas instalaciones en las que el riesgo de incendio no sea despreciable.

(*) Ver ITC-BT 29 puntos 9.2. y 9.3.

Cable	Tensión asignada	Norma diseño	Designación genérica	Aplicaciones
AFUMEX CLASS ATEX (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	RZ1MZ1-K (AS)	Locales con riesgo de incendio o explosión, zonas ATEX, instalaciones fijas con riesgo de agresión mecánica (roedores, cizalladuras...), alumbrado exterior subterráneo.
AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	RZ1MZ1-K 2RH (AS)	Especialmente diseñado para industria petroquímica. Zonas ATEX.
BLINDEX PROTECH 500 V (AS)	300/500 V	Basado en EN 50288-7	Z1C4Z1-K (AS)	Cable de alta seguridad apantallado con trenza de hilos de cobre para instrumentación, control y/o señalización en entornos con influencias electromagnéticas. Regulación de temperatura, de intensidad, de tensión, de válvulas motorizadas, etc. o para control de electroválvulas, arranque de máquinas, arranque de autómatas, telerruptores, etc.
BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4 Basado en EN 50288-7	Z1C4Z1-K (AS)	Cable de alta seguridad apantallado con trenza de hilos de cobre para suministro de energía en entornos donde se quieran evitar las influencias electromagnéticas y sea obligatorio instalar cables de alta seguridad (AS) o el riesgo de incendio no sea despreciable. Alimentación de motores con variadores de frecuencia hasta 10 mm² (consultar fabricante de variadores).
AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)	0,6/1 kV	IEC 60502-1	RZ1C40Z1-K (AS)	Alimentación de motores con variadores de frecuencia.
AFUMEX EXPO	450/750 V	UNE-EN 50525-3-21	H07Z7-F	Ferias, servicios provisionales, servicios móviles en locales de pública concurrencia y, para servicios móviles en los que se requiera seguridad adicional en caso de incendio.
AL AFUMEX CLASS (AS)	0,6/1 kV	UNE 21123-4	AL RZ1 (AS)	Líneas generales de alimentación, derivaciones individuales, locales de pública concurrencia e industrias y aquellas instalaciones en las que se requiera seguridad adicional en caso de incendio. Instalaciones interiores o receptoras.

Fotovoltaicos

PRYSMIAN PRYSOLAR	1/1 kV	UNE-EN 50618 IEC62930	H1Z2Z2-K	Instalaciones solares fotovoltaicas (lado de continua). Certificado Bureau Veritas.
TECSUN	1/1 kV	UNE-EN 50618 IEC62930	H1Z2Z2-K	Instalaciones solares fotovoltaicas (lado de continua). Certificación TÜV y VDE.

(*) Salvo obligación de AFUMEX CLASS (AS).

Cable	Tensión asignada	Norma diseño	Designación genérica	Aplicaciones
		PVC		
WIREPOL CPRO Flex	450/750 V	UNE-EN 50525-2-31	H07V-K	Instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos. Instalaciones interiores o receptoras. Instalaciones con recorridos sinuosos.*
WIREPOL CPRO Rígido	450/750 V	UNE-EN 50525-2-31	H07V-U / H07V-R	Instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos. Instalaciones interiores o receptoras.*
RETENAX CPRO Flex	0,6/1 kV	21123-2	RV-K	Instalaciones interiores o receptoras, alumbrado exterior subterráneo o instalaciones con recorridos sinuosos.*
RETENAX CPRO Rígido	0,6/1 kV	21123-2	RV (XV)	Alumbrado exterior subterráneo, instalaciones interiores o receptoras.*
WIREPOL CPRO GAS	300/500 V	UNE-EN 50525-2-11	H05VV-F	En locales domésticos, cocinas, oficinas; para esfuerzos mecánicos medios. Alimentación de aparatos domésticos (lavadoras, frigoríficos...), enrolladores de interior, instalaciones en muebles.
SINTENAX CPRO AG	300/500 V	UNE-EN 50525-2-11	H05VV-F	Para circuitos de instrumentación y control, señalización, alimentación de aparatos portátiles industriales. Para servicios móviles. Resistente a grasas, aceites, hidrocarburos y agentes químicos.
SINTENAX CPRO 1000 V	0,6/1 kV	UNE 21123-1	VV-K	Cable para control de electroválvulas, para arranque de máquinas, arranque de autómatas, etc.*
RETENAX FLAM F	0,6/1 kV	UNE 21123-2	RVFV	Instalaciones fijas con riesgo de agresión mecánica (roedores...), alumbrado exterior subterráneo.*
		Goma		
FLEXTREME MAX	0,6/1 kV (fijo) 450/750 V (móvil)	UNE-EN 50525-2-21/ Basado en UNE 21150	H07RN-F/DN-F	Provisionales y temporales de obras, ferias y stands (exteriores), establecimientos agrícolas y hortícolas, caravanas, puertos y marinas para barcos de recreo, prolongadores de exterior o en ambientes industriales, locales húmedos, mojados o a muy baja temperatura. Servicios móviles. Alimentación de bombas sumergidas. Servicios permanentemente sumergidos.

(*) Salvo obligación de AFUMEX CLASS (AS).

Cable	Tensión asignada	Norma diseño	Designación genérica	Aplicaciones
Distribución				
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)	0,6/1 kV	UNE-HD 603-5X-1	AL XZ1 (S)	Redes de distribución subterráneas, instalaciones interiores o receptoras.*
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)	0,6/1 kV	UNE-HD 603-5X-2	AL XZ1 (AS)	Redes subterráneas para distribución cuando el cable va instalado al aire, en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables.
AL POLIRRET CPRO	0,6/1 kV	UNE 21030-1	AL RZ	Redes aéreas de distribución, instalaciones posadas sobre fachadas o tensadas sobre apoyos.
POLIRRET FERIEX CPRO	0,6/1 kV	UNE 21030-2	RZ	Instalaciones aéreas de alumbrado exterior. Instalaciones posadas sobre fachadas o tensadas sobre apoyos.
Comunicaciones				
DATAX LiYCY CPRO	250 V	VDE 812	LiYCY	Cable apantallado con trenza de hilos de cobre para transmisión de datos, señales analógicas y/o digitales en plantas industriales, instrumentos de medida y control en entornos con influencias electromagnéticas.

(*) Salvo obligación de AFUMEX CLASS (AS).

1.5. Reglamento de productos de construcción (CPR) y afectación a los cables

El 24 de abril de 2011 entró en vigor el Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo más conocido como Reglamento de Productos de Construcción (CPR). Posteriormente, el 24 de noviembre de 2013, entró en vigor el Real Decreto 842/2013 por el que se aprobaba la clasificación de los productos de construcción según sus propiedades de reacción y resistencia a fuego ya que el CPR exige que se establezcan clases de prestaciones en relación con las características esenciales de los productos de construcción. Por su idiosincrasia los cables eléctricos merecen una consideración especial. Desde el 1 de julio de 2017 ningún fabricante puede poner en el mercado cables que, estando afectados por el CPR, no cumplan sus exigencias.

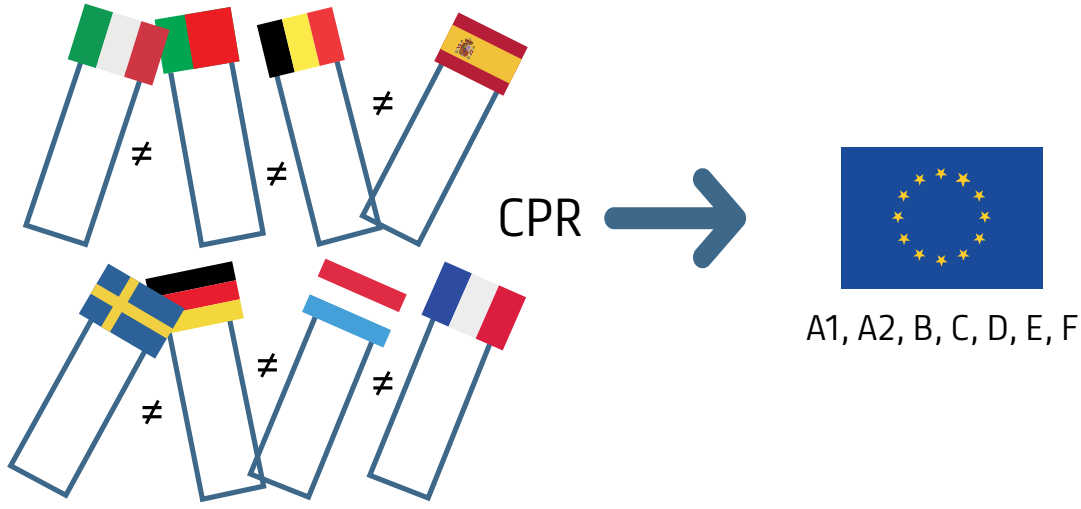
La aparición del Reglamento Productos de Construcción (CPR) anuló y sustituyó a la Directiva de Productos de Construcción (R.D. 312/2005) y representa, entre otras cosas, un paso más en la convergencia de criterios en la Unión Europea para clasificar los productos de construcción por su reacción al fuego.

El artículo 2, punto 1 del CPR nos define **producto de construcción** *como cualquier producto o kit fabricado e introducido en el mercado para su incorporación con carácter permanente en las obras de construcción o partes de las mismas y cuyas prestaciones influyan en las prestaciones de las obras de construcción en cuanto a los requisitos básicos de tales obras.*
Parece fácil ver que la gran mayoría de los cables son producto de construcción por tratarse de elementos a incorporar permanentemente a las obras de construcción.

En el punto 3 del mismo artículo leemos que se entiende por **obras de construcción** las *obras de edificación y de ingeniería civil*. Con lo que vemos que el ámbito de aplicación del CPR no está limitado a los edificios solamente sino también a las obras de ingeniería civil como son las infraestructuras (redes de distribución, redes de alumbrado, líneas de ferrocarril, autopistas…).

E igualmente el CPR no está limitado exclusivamente a la baja tensión. Afecta a los cables de energía en general (BT, MT y AT), control o comunicación (incluidos los de fibra óptica). Encajan en la definición de producto de construcción y así están recogidos en el ámbito de aplicación de la norma UNE-EN 50575 que es la referencia actual para la evaluación de la reacción al fuego de los cables según el CPR.

En el RD 842/2013 se contemplan una serie de clases para los diferentes productos de construcción por su reacción al fuego homogeneizando el sistema de clasificación para todos los países de la UE, pasando, en nuestro caso, de las clases nacionales (España) M0, M1, M2, M3, M4 y N/C a las clases (no equivalentes) A1, A2, B, C, D, E y F atendiendo la energía liberada durante el ensayo de fuego con la posibilidad de ensayos adicionales que evalúan el humo y el desprendimiento de gotas o partículas inflamadas.



1. Las clases de los cables eléctricos

El sistema de clasificación del RD 842/2013 recoge una tabla de aplicación general según los criterios explicados en el apartado anterior pero hay 3 tipos de productos cuya reacción al fuego ha sido evaluada de forma particular: los suelos, los productos lineales para aislamiento térmico de tuberías y los cables eléctricos. Por tanto, la clasificación de clases para los cables eléctricos sufre alguna variación respecto al caso general explicado anteriormente.

El sistema de ensayo es armonizado pero las características que se pueden requerir a los cables para la misma aplicación en países diferentes pueden variar. Es decir, cada país decide de forma independiente que clase se exige para cada tipo de instalación.

Analicemos las diferentes clases para el caso particular de los cables eléctricos:

1.1. Atendiendo a la energía liberada y propagación del fuego:

• **A_{ca}**: cables que no contribuyen al incendio.

• **$B1_{ca}$,$B2_{ca}$,$C_{ca,}$, D_{ca} y E_{ca}**: Todos estos cables cumplen el ensayo de (UNE-EN 60332-1-2) y su grado de y de durante la combustión está limitado siendo inferior en la clase $B1_{ca}$ que en la $B2_{ca}$ y así sucesivamente (UNE-EN 50399).

• **F_{ca}**: cables sin determinación de comportamiento.

1.2. Clasificación adicional de los cables eléctricos

Los cables eléctricos tienen una serie de criterios adicionales a las clases. Estos criterios se aplican a las clases $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca} y D_{ca} y contemplan la información sobre la opacidad de humos emitidos (s0, s1 y s2) y desprendimiento de gotas (d0, d1 y d2) durante la combustión al igual que en el caso de los productos de construcción en general. Además también se evalua la acidez de los gases emitidos (a1, a2 y a3) para conocer su influencia tóxica y corrosiva.

Por tanto tendríamos que para cables eléctricos:

1.2.1. Cantidad, velocidad de generación y opacidad de humos (UNE-EN 61034-2):

• **S1**: escasa producción y lenta propagación de humo.

• **S1a**: s1 y transparencia de humos superior al 80 %.

• **S1b**: s1 y transparencia de humos superior al 60 % e inferior al 80 %.

• **S2**: valores intermedios de producción y propagación de humo.

• **S3**: ni s1, ni s2

1.2.2. Desprendimiento de gotas durante la combustión (UNE-EN 50399):

• **d0**: sin caída de gotas ni partículas inflamadas durante los 1200 s que dura el ensayo.
• **d1**: las gotas o partículas inflamadas desprendidas se extinguen en menos de 10 s.
• **d2**: ni d0, ni d1.

1.2.3. Acidez de los gases (UNE-EN 60754-2):

• **a1**: baja acidez: conductividad de los gases emanados < 2,5 µS/mm y pH > 4,3).
• **a2**: valor intermedio de acidez: conductividad de los gases emanados < 10 µS/mm y pH > 4,3).
• **a3**: ni a1, ni a2.

	Ensayos						
	Clasificatorios				Adicionales		
	Generación calor combustión	Propagación llama	Propagación incendio	Generación calor	Humos	Gotas/ partículas	Acidez
Clase	UNE-EN ISO 1716	UNE-EN 60332-1-2	UNE-EN 50399	UNE-EN 50399	UNE-EN 50399 UNE-EN 61034-2	UNE-EN 50399	UNE-EN 60754-2
A_{ca}							
$B1_{ca}$					s1	d0	a1
$B2_{ca}$					s1a	d1	a2
C_{ca}					s1b	d2	a3
D_{ca}					s2		
E_{ca}					s3		
F_{ca}							

Así la clase C_{ca}-s1b,d1,a1 que aplica en España a los cables tipo AFUMEX Class (AS), según la nota de aplicación del CPR al REBT del Ministerio Economía, Industria y Competitividad (3-4-17), nos informaría sobre un cable con las siguientes propiedades:

• C_{ca}: valores limitados de propagación del fuego (UNE-EN 60332-1-2 y UNE-EN 50399) y liberación de calor (UNE-EN 50399).

• s1b: escasa producción y lenta propagación de humo (UNE-EN 50399) y transparencia de humos entre el 60 % y el 80 % (UNE-EN 61034-2).

• d1: las gotas o partículas inflamadas desprendidas se extinguen en menos de 10 s (UNE-EN 50399).

• a1: baja acidez, conductividad de los gases emanados < 2,5 µS/mm y pH > 4,3 (UNE-EN 60754-2).

La clase de reacción al fuego irá marcada de forma visible en la cubierta o aislamiento de los cables para BT.

El cable AFUMEX CLASS FIRS (AS+) de Prysmian está diseñado bajo las prescripciones del CPR.

Los cables con clase **C_{ca}-s1b,d1,a1** de este catálogo son toda la familia Afumex Class (AS):

AFUMEX CLASS 500 V (AS)
ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS 750 V (AS)
H07Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS HAZ (AS)
H07Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS)
H07Z1-R TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
RZ1-K (AS)

AFUMEX CLASS MANDO (AS)
RZ1-K (AS)

AFUMEX CLASS FIRS (AS+)
mRZ1-K (AS+)

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)
SOZ1-K (AS+)

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)
Z1Z1-K (AS)

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)
RZ1MZ1-K 2RH (AS)

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)
RZ1C4OZ1-K (AS)

BLINDEX PROTECH 500 V (AS)
Z1C4Z1-K (AS)

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)
Z1C4Z1-K (AS)

AL AFUMEX CLASS (AS)
AL RZ1 (AS)

Cable con clase **C_{ca}-s1a,d1,a1**:
AFUMEX CLASS ATEX (AS)
RZ1MZ1-K (AS)

Cable con clase **C_{ca}-s1b,d2,a1**:
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)
AL XZ1 (AS)

Cable con clase **D_{ca}-s2,d2,a2**:
TECSUN
H1Z2Z2-K

Los cables con clase **E_{ca}** (no propagadores de la llama según UNE-EN 60332-1-2) son:

PRYSMIAN PRYSOLAR
H1Z2Z2-K

WIREPOL CPRO Flex
H05V-K / H07V-K

WIREPOL CPRO Rígido
H05V-U / H07V-U / H07V-R

RETENAX CPRO Flex
RV-K

RETENAX CPRO Rígido
RV (XV)

WIREPOL CPRO GAS
H05VV-F

SINTENAX CPRO AG
H05VV-F

SINTENAX CPRO 1000 V
XVV-K

RETENAX FLAM F
RVFV

FLEXTREME MAX
H07RN-F / DN-F

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL XZ1 (S)

AL VOLTALENE FLAMEX (AS)
AL XZ1 (AS)

DATAX LiYCY CPRO
LiYCY

Los cables sin comportamiento frente al fuego declarado (clase F_{ca}) son:

RETENAX FLAM F
RVFV

AL POLIRRET CPRO
AL RZ

POLIRRET FERIEX CPRO
RZ

1.3. Clases mínimas según REBT y CPR

Instalaciones en general: E_{ca}
Locales de pública concurrencia, e instalaciones de enlace, locales con riesgo de incendio o explosión y edificios de viviendas: C_{ca}-s1b,d1,a1
Redes aéreas tensadas o posadas (cables UNE 21030): F_{ca}

1.4. Cables resistentes al fuego [AFUMEX CLASS FIRS (AS+)]

Los cables resistentes al fuego, actualmente conocidos genéricamente como AS+ en España, están pensados para dar continuidad al suministro eléctrico aún en caso de incendio para poder alimentar los servicios de seguridad no autónomos. Este tipo de cables **deben cumplir igualmente con las exigencias mínimas de la clase C_{ca}-s1b,d1,a1** y ser resistentes al fuego según UNE-EN 50200.

Reacción al fuego:	C_{ca}-s1b,d1,a1
Resistencia al fuego:	UNE-EN 50200 (842 °C, 2 h)

El cable AFUMEX CLASS FIRS (AS+) de Prysmian está diseñado bajo las prescripciones del CPR.

***Caso particular al tratarse tradicionalmente de cables no sometidos a ensayos de reacción al fuego por ir esencialmente en exteriores.**

La **resistencia** al fuego (no confundir con reacción al fuego explicada en este artículo) evalúa la capacidad de un cable para seguir prestando suministro en las condiciones de un incendio. Se trata de una característica esencial de los cables que se ve afectada por el CPR y, por tanto, se espera aparezca en el futuro una norma que regule dicha prestación unificando los criterios en la UE del mismo modo que se ha hecho con la reacción al fuego. Actualmente, en España, sigue vigente lo que expresamente dice el REBT en la ITC-BT 28 (UNE-EN 50200). El cable **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)** permite la continuidad del suministro durante el máximo tiempo contemplado en norma: 2 horas a 842 °C.

Comportamiento frente al fuego mejorado

A efectos técnicos el CPR nos obliga a la instalación de cables más seguros.

Los cables tipo Afumex Class (AS) (clase C_{ca}-s1b,d1,a1) deben superar nuevos ensayos de fuego (control de la generación de calor, cantidad de humos y desprendimiento de gotas o partículas incandescentes) y los que ya le eran de aplicación antes del CPR (no propagación de la llama ni del incendio, opacidad de humos y acidez de los gases emanados) han incrementado sus exigencias. La siguiente tabla pretende resumir las diferencias:

Clase C_{ca}-s1b,d1,a1 (cables Afumex Class (AS))		
	Anterior	CPR
No propagación de la llama	Sí*	Sí
Caudal del aire para combustión	5000 l	8000 l
Longitud máxima afectada por fuego	2,5 m	2 m
Generación de calor	No se mide	Sí se mide
Cantidad de humo	No se mide	Sí se mide
Acidez gases	<10 mS/mm	<2,5 mS/mm
Desprendimiento de gotas	No se mide	<10 s

*Los cables de uso general de PVC (Retenax CPRO...) y goma en líneas generales (clase E_{ca}) han de superar el nuevo ensayo de no propagación de la llama (UNE-EN 60332-1-2). Tradicionalmente superaban la versión anterior de este ensayo, el nuevo test ha recortado en 50 mm la máxima longitud de cable afectada por el fuego y además mide la propagación vertical de la llama hacia arriba y hacia abajo, antes sólo se medía en sentido ascendente.

NOTA: en las fichas de este catálogo se incluyen también los ensayos de reacción al fuego que, aunque no se correspondan con las clases de referencia siguen teniendo validez para países que no son de la UE por ello figuran en color negro mientras que los propios del CPR (UE) aparecen en azul.

El CPR no permite, en la UE, alusión a normativa de reacción al fuego de los cables no contemplada en la categorización de las clases citadas. No es posible referenciar ensayos de fuego ajenos como exigencia en ninguna reglamentación en ningún país miembro, incluída normativa privada, ni siquiera como complemento a alguna clase (p.e. si un cable supera la clase E_{ca} y además es libre de halógenos y nula emisión de gases corrosivos según UNE-EN 60754 y baja emisión de humos opacos según UNE-EN 61034 a efectos legales sólo se considera la clase E_{ca} (UNE-EN 60332-1-2) ya que la combinación de esta clase con los ensayos citados no se corresponde con otra posible clase CPR. La siguiente posibilidad sería D_{ca} pero para ello es necesario que el cable supere el ensayo de baja emisión de calor, ver tabla de ensayos según clases.

NOTA: Se recomienda ver apartado 2.15. Ensayos de fuego.

1.6. Reglamento de productos de construcción (CPR), declaración de prestaciones (DoP) y marcado CE

Uno de los objetivos principales del nuevo Reglamento de Productos de Construcción (CPR) es la eliminación de obstáculos para el comercio de productos de construcción en la Unión Europea. Su entrada en vigor supuso una serie de cambios en los diferentes aspectos y tareas a realizar por los fabricantes de productos de construcción para la colocación del marcado CE en sus productos, en particular en la documentación a elaborar y, en su caso, entregar a los receptores de dichos productos.

1. Declaración de Prestaciones

La Declaración de Prestaciones (DdP), que expresará las prestaciones del producto en relación con sus **características esenciales**, será emitida por el fabricante cuando el producto se introduzca en el mercado y esté cubierto por una norma armonizada o sea conforme a una evaluación técnica europea, con lo que asume la responsabilidad de la veracidad de las prestaciones declaradas del producto.

Las características esenciales son las características de un producto de construcción que se refieren a los **requisitos básicos** de las obras de construcción (pto. 4, artículo 2 del CPR).

Los requisitos básicos son las condiciones que deben cumplir las obras de construcción durante un periodo de vida económicamente razonable (anexo I del CPR):

1. Resistencia mecánica y estabilidad.
2. **Seguridad en caso de incendio.**
3. Higiene, salud y medio ambiente.
4. Seguridad y accesibilidad de utilización.
5. Protección contra el ruido.
6. Ahorro de energía y aislamiento térmico.
7. Utilización sostenible de los recursos naturales.

Los cables se ven afectados por los siguientes requisitos básicos:

2.- **Seguridad en caso de incendio.**
*Reacción al fuego.
*Resistencia al fuego.

3.- Higiene, salud y medio ambiente.
*Emisión de sustancias peligrosas.

En el caso de los cables eléctricos de energía, control y comunicación así como los cables de fibra óptica la norma europea armonizada UNE-EN 50575 especifica el comportamiento de **reacción al fuego**, métodos de ensayo y evaluación (característica esencial del requisito básico 2) para verificar la **euroclase** (RD 842/2013) correspondiente y poder clasificar el cable por su reacción al fuego en base a los ensayos de la citada UNE-EN 50575 realizados por un organismo notificado (entidad de control de calidad acreditada). Salvo para el caso de la clase sin comportamiento declarado (F_{ca}) que no precisa de la participación de una tercera parte para certificar la clase.

El sistema de evaluación y verificación de la constancia de la prestación EVCP obliga según la clase a realizar ensayos por parte de un organismo notificado. Como vemos en la tabla el sistema EVCP 1+ afecta a las clases que van desde A_{ca} hasta C_{ca} y obliga al fabricante a superar ensayos de tipo y control permanente de la producción en fábrica por un organismo notificado en la UE.

***Característica esencial.**

Todos los cables tipo Afumex Class (AS) son clase C_{ca}-s1b,-d1,a1 y por ello les es de aplicación el sistema EVCP 1+.

Para cables de las clases D_{ca} o E_{ca} es obligatorio superar los ensayos que proceda (ver tabla) en un laboratorio notificado en la UE (sistema EVCP 3). Los cables de tipo general en España son clase E_{ca} salvo raras excepciones.

Vemos por tanto que el CPR además de una mayor exigencia de reacción al fuego de los cables también trae aparejado un mayor control de calidad no dejando el mismo sólo en manos del fabricante.

Euroclase (ca)	Criterio de clasificación	Criterios adicionales	Sistema EVCP
A_{ca}	EN ISO 1716 Generación de calor de combustión		1+ • Ensayo tipo inicial, auditoría de fábrica y seguimiento continuo y control de la producción en fábrica (CPF) con auditorias y ensayos de seguimiento por un organismo notificado de certificación de producto.
$B1_{ca}$	EN 50399 Generación de calor. Índice de propagación del fuego EN 60332-1-2 No propagación de la llama	Producción de humo (s1, s1a, s1b, s2, s3) EN 50399 / EN 61034-2 Partículas inflamadas (d0, d1, d2) EN 50399 Acidez (a1, a2, a3) EN 60754-2	
$B2_{ca}$			
C_{ca}			
D_{ca}			3 • Ensayo tipo inicial en laboratorio de notificado de ensayos. •Seguimiento continuo y control de producción en fábrica (CPF).
E_{ca}	EN 60332-1-2 No propagación de la llama		
F_{ca}			4 • Ensayo tipo inicial y seguimiento y control de producción en fábrica (CPF).

La norma UNE-EN 50575 recoge y asigna los ensayos de fuego citados en esta tabla para cada euroclase.
EVCP = Evaluación y Verificación de la Constancia de la Prestación.

La citada norma UNE-EN 50575 recoge que también sería de aplicación la calificación del cable según la *emisión de sustancias peligrosas*, característica esencial dentro del requisito básico 3, pero actualmente no existen ensayos europeos armonizados por lo que esta calificación depende actualmente de las disposiciones nacionales en el lugar de utilización, es decir, no hay variación de lo que se venía exigiendo al respecto.

Igualmente ocurre con la característica esencial *resistencia al fuego* al no existir norma europea armonizada sigue siendo de aplicación en España la UNE-EN 50200 que prescribe el REBT.

Por tanto, una vez definida la euroclase de reacción al fuego del cable, el fabricante puede redactar la Declaración de Prestaciones (Declaration of Performance = DoP) que deberá tener a disposición del cliente antes de introducir el producto en el mercado. Su contenido se ejemplifica a continuación:

Prysmian Group

PRYSMIAN Draka

CE

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES

n° 1003875

1. Código de identificación única del producto tipo:
AFUMEX CLASS 1000V RZ1-K 1kV

2. Usos previstos:
Cable sujeto a requisitos de reacción al fuego para aplicaciones generales en obras de construcción

3. Fabricante:
Prysmian Cables Spain S.A.
Carretera C-15, Km. 2
08800 - Vilanova i la Geltrú (Barcelona)
España

4. Representante autorizado:
-

5. Sistemas de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP):
AVCP: 1+

6. Norma armonizada:
EN 50575:2014+A1:2016

Organismos notificados:
0099 AENOR

7. Prestaciones declaradas:
Reacción al fuego: C_{ca}-s1b,d1,a1
Sustancias peligrosas: Sin prestaciones declaradas.

Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) no 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado.

Firmado por y en nombre del fabricante por Rafael Maza, Spain QHSE Director en lugar Vilanova i la Geltrú (Barcelona) fecha de emisión 27/12/2016

Dirección WEB Buscador DdP: http://es.prysmiangroup.com/cpr

La declaración de prestaciones (DoP) contiene información sobre el producto, el fabricante y también del organismo notificado de control de calidad según el sistema de evaluación y verificación de la continuidad de la prestación (EVCP) que aplique (ver tabla de "euroclases").

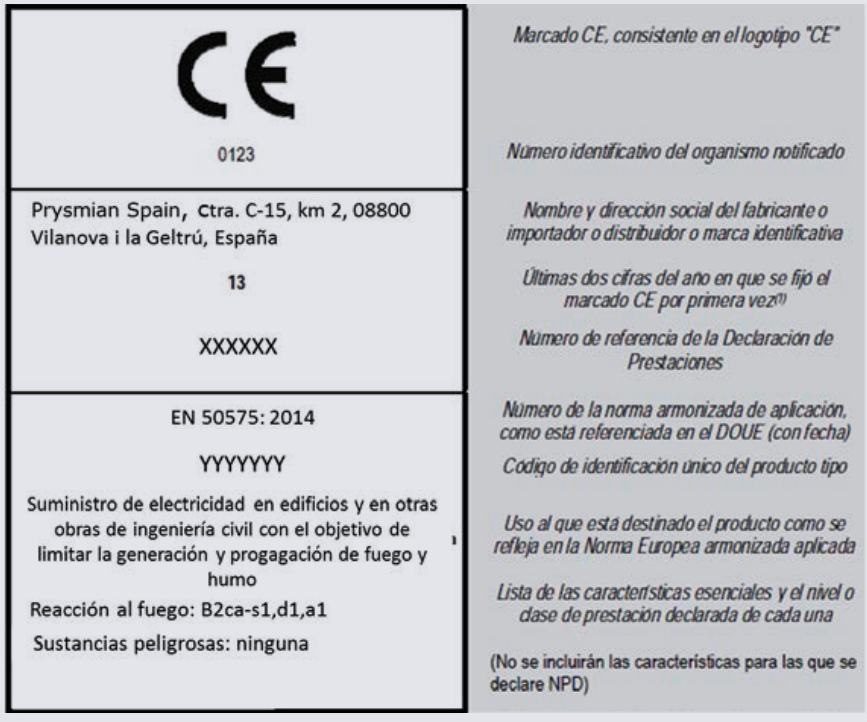
2. Marcado CE

El marcado CE se colocará únicamente en los productos de construcción respecto de los cuales el fabricante haya emitido una Declaración de Prestaciones.

Con el marcado CE el fabricante, o en su caso el distribuidor o importador, asume la responsabilidad sobre la conformidad del producto con las prestaciones incluidas en la DoP.

El marcado CE significa el cumplimiento del todas las Directivas que afecten al producto y deberá ser colocado por el fabricante antes de la introducción del producto en el mercado.

Contiene tanto la marca CE como un resumen de la Declaración de prestaciones que debe ir acompañándole de tal manera que al no ser ya posible fijar toda la información sobre el aislamiento o la cubierta de un cable, figurará por tanto en el embalaje con un aspecto similar al siguiente o distinto, pero con toda la información indicada. O también puede presentarse con la documentación que acompaña al producto.



El nuevo marcado CE contiene información sobre el producto y el fabricante y muestra el número identificativo del organismo notificado de control de calidad.

***NPD: No Peformance Declared (sin comportamiento declarado).**

2.1. Características del marcado CE

2.1.1. ¿Qué es el marcado CE?

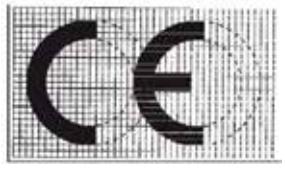
En el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo nº 765/2008, artículo 2, pto. 20 podemos leer:

«marcado CE» marcado por el que el fabricante indica que el producto es conforme a los requisitos aplicables establecidos en la legislación comunitaria de armonización que prevé su colocación.

Es decir, el marcado CE declara que el producto en el que figura cumple con la legislación de la UE que le es de aplicación.

CE proviene del francés Conformité Européenne (Conformidad Europea), no significa Comunidad Europea como se escucha a veces.

El aspecto y proporciones del marcado CE está rigurosamente establecido en el anexo II del Reglamento 765/2008:



2.1.2. ¿Qué pasa con otras marcas similares?

No es infrecuente encontrar en el mercado marcas que tratan de confundir a consumidor con un aspecto muy parecido al del marcado CE bajo la excusa de otro significado. Esta picaresca está también prevista en el citado Reglamento Europeo 765/2008. En su artículo 30 pto. 5:

Se prohíbe colocar en un producto marcados, signos o inscripciones que puedan inducir a confusión a terceros en cuanto al significado o la forma del marcado CE. Puede colocarse cualquier otro marcado en el producto a condición de que ello no afecte a la visibilidad, la legibilidad y el significado del marcado CE.

Por lo que ya tenemos claro que cualquier marca que se pueda confundir con el marcado CE descalifica directamente al producto para su comercialización en la UE. Rechace cualquier producto que muestre una marca similar al marcado CE, es un engaño.

El marcado CE lo deberá colocar el fabricante o importador del producto asumiendo la responsabilidad de su significado (artículo 30 del Reglamento Europeo 765/2008).

2.1.3. ¿Qué ocurre si no se cumple con lo exigido para el marcado CE?

El artículo 41 del citado reglamento establece régimen de sanciones incluso penales:

Los Estados miembros establecerán la normativa sobre sanciones para los agentes económicos, incluidas sanciones penales en caso de infracción grave, aplicables a las infracciones de lo dispuesto en el presente Reglamento, y adoptarán las medidas necesarias para garantizar su aplicación...

La obligación de elegir productos conforme a la normativa se extiende a todos los actores del mercado, en particular para los instaladores encontramos en el REBT, ITC-BT 03, pto. 7:

Los Instaladores Autorizados en Baja Tensión deben, en sus respectivas categorías:

a) Ejecutar, modificar, ampliar, mantener o reparar las instalaciones que les sean adjudicadas o confiadas, de conformidad con la normativa vigente y con la documentación de diseño de la instalación, utilizando, en su caso, materiales y equipos que sean conformes a la legislación que les sea aplicable.

2.2. Aplicación del marcado CE a los cables

2.2.1. ¿Qué cables deben llevar el marcado CE?

El marcado CE se aplica a los productos afectados por la **Directiva de Baja Tensión** (2014/35/UE, artículo 1). Entendidos como tal el material eléctrico destinados a utilizarse en siguientes límites de tensión nominal:

- Entre 50 y 1000 V en corriente alterna.
- Entre 75 y 1500 V en corriente continua.

Y también a los cables afectados por Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, más conocido como **Reglamento de Productos de Construcción** (CPR) que como sabemos son aquellos cables que se incorporan **permanentemente** a las obras de edificación e ingeniería civil (ver ptos. 1 y 3 del artículo 2).

Es decir, **todos** los cables de energía de BT, MT, AT, control, comunicaciones, fibra óptica... a condición de que estén

destinados a las obras de construcción (edificios y todo tipo de infraestructuras como redes de distribución, de alumbrado, de comunicaciones, autopistas, líneas ferroviarias...) y sean de instalación permanente.

Cables afectados por el CPR.

Cable no afectado por el CPR.

Antes de colocar el marcado CE, el fabricante ha debido realizar la **evaluación de conformidad** para verificar el cumplimiento de lo exigido en las normativas citadas en este apartado. Y si el cable es producto de construcción además deberá también emitir una **declaración de prestaciones (DoP)**, ver artículo 8 pto. 2 del CPR.

2.2.1. ¿Cómo debe ir colocado el marcado CE?

Tanto el artículo 17, pto. 1 de la Directiva de BT como el artículo 9, pto. 1 del CPR recogen de forma casi gemela como ha de colocarse el marcado CE:

El marcado CE se colocará en el producto, de manera visible, legible e indeleble, o en una etiqueta adherida al mismo. Cuando esto no sea posible o no pueda garantizarse debido a la naturaleza del producto, se colocará en el envase o en los documentos de acompañamiento.

Los cables de BT que NO se incorporan permanentemente a las obras de construcción (como pueden ser cables para provisionales de obras, para barcos, para automóviles, para minas, para máquinas...) sólo llevarán el marcado CE, típicamente inscrito en el producto.

Los cables que SI estén destinados a incorporarse permanentemente a las obras de construcción además deberán reflejar junto al marcado CE lo que dice pto. 2 del artículo 9 del CPR:

El marcado CE irá seguido de las dos últimas cifras del año de su primera colocación, del nombre y del domicilio registrado del fabricante, o de la marca distintiva que permita la identificación del nombre y del domicilio del fabricante con facilidad y sin ambigüedad alguna, del código de identificación única del producto tipo, del número de referencia de la declaración de prestaciones, del nivel o clase de las prestaciones declaradas, de la referencia al número de especificación técnica armonizada que se aplica, del número de identificación del organismo notificado, si procede, y del uso previsto como se establece en la especificación técnica armonizada correspondiente que se aplique.

Al tener que ir acompañado de toda esa información, no es posible colocar el marcado CE en el producto y por tanto tendrá que ir en el embalaje donde si es posible emplazar toda la información (o en documentos de acompañamiento).

Ejemplo de marcado CE con toda la información obligatoria en caja de cable Afumex Class 750 V (AS).

Ejemplo de marcado CE y la información que le debe seguir en bobina de cable Afumex Class Firs 1000 V (AS+). Cable resistente al fuego para servicios de seguridad.

CE

0099

Prysmian Spain, Ctra. C-15, km 2, 08800
Vilanova i la Geltrú, España

16

1003875

EN 50575: 2014 + A1: 2016

AFUMEX CLASS 1000 V RZ1-K 1 kV

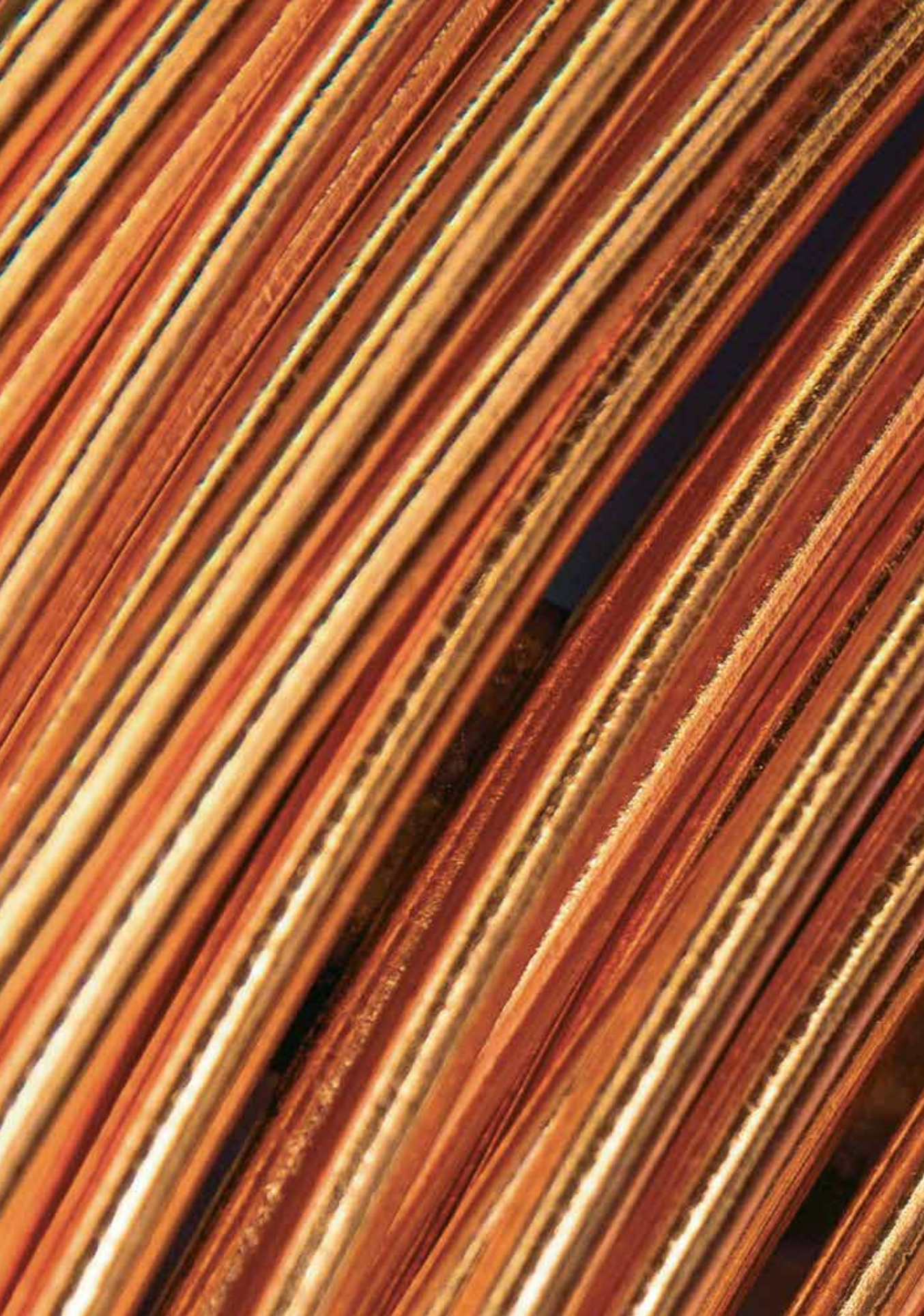
Suministro de electricidad en edificios y en otras obras de ingeniería civil con el objetivo de limitar la generación y progagación de fuego y humo

Reacción al fuego: C_{ca}-s1b,d1,a1

Sustancias peligrosas: ninguna

Ejemplo de etiqueta de marcado CE e información adicional obligatorio del cable Afumex Class 1000 V (AS).

El marcado CE es una marca de cumplimiento con estándares europeos armonizados, cualquier desviación de lo explicado en este artículo es motivo para desechar su adquisición o instalación y según la ITC-BT 03 pto. 7 f del REBT debe ser notificado a la Administración competente.



2. Introducción técnica

Prysmian Group

2.1. Instalaciones interiores o receptoras

2.1.1. Componentes de un cable

Los cables para baja tensión tienen unas estructuras características, cada capa sobre los conductores tiene una función específica.

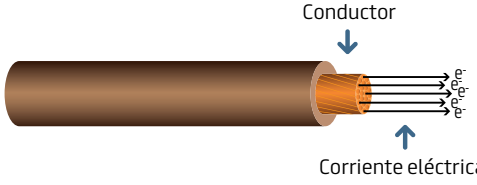
¿Qué es un cable?

Conjunto constituido por uno o varios conductores aislados y sus eventuales revestimientos (cubierta, pantalla, armadura, etc.).

Partes de un cable

A. Conductor

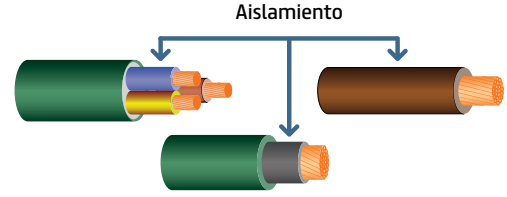
Parte de un cable que tiene la función específica de conducir corriente.



Los metales conductores más empleados son cobre y **aluminio**. El cobre presenta bastantes ventajas frente al aluminio, como tener menor resistencia eléctrica, mayor resistencia mecánica, puede ser rígido o flexible, se fabrica en secciones pequeñas, menor coeficiente de dilatación lineal...

B. Aislamiento

Conjunto de materiales aislantes (conductividad prácticamente nula) cuya función específica es **soportar la tensión**.



En baja tensión los niveles de aislamiento más frecuentes son 450/750 V y 0,6/1 kV. Valores asignados que refieren a tensión entre conductor y tierra / tensión entre conductores.

Los materiales de aislamiento más frecuentemente empleados son:

- **Poliolefinas Afumex**: p.e. cables de alta seguridad de 450/750 V como Afumex Class 750 V (AS) (H07Z1-K (AS) TYPE 2).

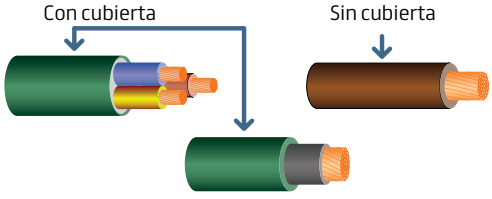
- **Polietileno reticulado** (XLPE): p.e. cables de 0,6/1 kV como Afumex Class 1000 V (AS) (RZ1-K (AS)) o Retenax CPRO Flex (RV-K).

- **Policloruro de vinilo** (PVC): p.e. cables de 450/750 V como Wirepol CPRO Flex (H07V-K) o Wirepol CPRO Rígido (H07V-R).

• **Goma**: p.e. cables de 450/750 V tipo FLEXTREME MAX.

C. Cubierta

Revestimiento tubular continuo y uniforme cuyo fin es **proteger mecánicamente** el cable.



NOTA: El cable sin cubierta es lo que técnicamente se conoce como conductor aislado por estar compuesto de conductor + aislamiento.

Las cubiertas más usuales son:

• **Poliolefinas Afumex**: p.e. cables de alta seguridad de 0,6/1 kV como Afumex Class 1000 V (AS) (RZ1-K).

• **PVC**: p.e. cables de 0,6/1 kV tipo Retenax CPRO Flex (RV-K).

• **Goma**: p.e. cables de 450/750 V tipo FLEXTREME MAX.

Afumex Class 1000 V (AS): aislamiento de XLPE y cubierta de poliolefinas Afumex. Clase C_{ca}-s1b,d1,a1. Alta flexibilidad y facilidad de extracción de cubierta.

D. Pantalla

Revestimiento destinado a asegurar **compatibilidad electromagnética** (para evitar interferencias internas o externas).

Pantalla de cinta de aluminio/poliéster. Afumex Class Firs Detec-Signal (AS+).

Pantalla de trenza de cobre. Blindex Protech (AS).

Los cables Blindex Protech de Prysmian con pantalla de **trenza de cobre** tienen una cobertura mínima de pantalla del 60 % siguiendo exigencias de las normas.

Las pantallas de **cinta de cobre o aluminio** son mejores para reducir interferencias por altas frecuencias, las de trenza de cobre mejor para bajas frecuencias.

E. Armadura

Parte de un cable pensada principalmente para dotarlo de **mayor protección mecánica**

Armadura de hilos de acero

Armadura de flejes de acero

Tipos de armadura más frecuentes:

De **corona de hilos de acero** (cables Afumex Class Atex (AS). La mejor protección mecánica (ITC-BT 29, zonas ATEX), flexibilidad y resistencia a la tracción.
Clase C_{ca}-s1b,d1,a1.

De **flejes de acero** (cables Retenax Flam F).
Buena protección mecánica.

De **fleje de acero corrugado.**
Buena protección mecánica y flexibilidad.

De **trenza de hilos de acero**.
Máxima flexibilidad.

2.1.2. Intensidades admisibles y métodos de instalación

El paso del tiempo ha demostrado que había excesiva simplificación para la diversidad de modos de instalaciones eléctricas en edificios, que se utilizan en la práctica, lo que hacía necesarias unas tablas de cargas más ajustadas a la realidad.

Esta necesidad motivó la publicación de la norma UNE 20460 - "Instalaciones Eléctricas en Edificios", que es una adaptación del Documento de Armonización del CENELEC HD-384 que, a su vez, se corresponde con la recomendación del Comité Electrotécnico Internacional IEC 364. Las intensidades admisibles para cables en instalaciones en edificios se venían recogiendo en la norma UNE 20460-5-523 hasta que en 2014 fue publicada la UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) que es la versión actualmente vigente y de aplicación según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), ITC-BT 19. Las intensidades admisibles de los cables descritos en este apartado se ajustan al contenido de la norma en vigor.

NOTA: En este catálogo figuran tablas en las que se alude a cables tripolares o a tres cables unipolares. Por cable tripolar se entiende cable multiconductor con 3 conductores cargados (típicamente en trifásica). Así por ejemplo un cable 5G16 en una instalación trifásica es un cable tripolar a efectos de las tablas de cargas porque, salvo influencia significativa de los armónicos, sólo llevará cargados los conductores de las 3 fases.

Cuando se habla de tres cables unipolares, análogamente nos referimos a una línea con 3 cables activos de un solo conductor, al margen de que en el circuito haya otros conductores considerados no activos (neutro sin armónicos y/o "tierra").

Cable unipolar

Cable multipolar (5 conductores) para trifásica 3 conductores activos si la línea está exenta de armónicos.

Modos de instalación

La tabla A.52.3 de la norma UNE HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52), relaciona los "modos de instalación", haciéndolos corresponder a unas instalaciones "tipo", cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar a aquellos, por lo que se pueden agrupar en una determinada tabla de cargas común (tabla C.52.1 bis) para todos los modos que se adaptan a la misma instalación tipo.

Tabla A.52.3
Métodos de instalación e instalaciones "tipo"

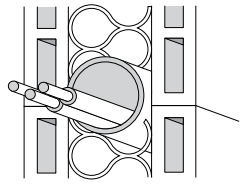
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
1		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes.	A1

Tabla A.52.3

Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

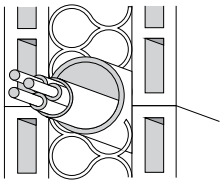
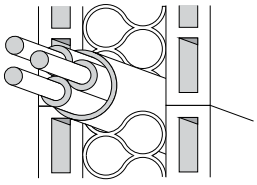
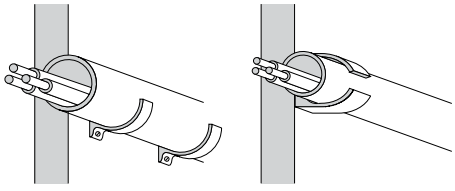
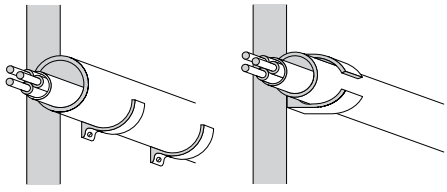
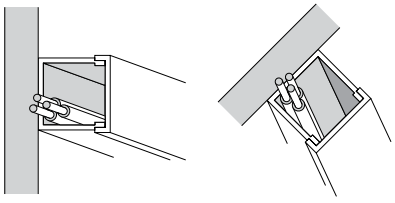
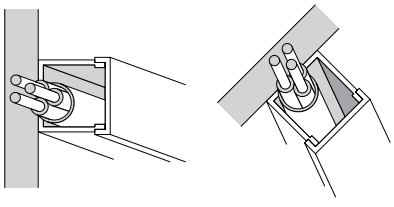
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
2		Cable multiconductor en conductos empotrados en una pared térmicamente aislante.	A2
3		Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante.	A1
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1
5		Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto.	B2
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1
8 9		Cable multiconductor en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B2

Tabla A.52.3

Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

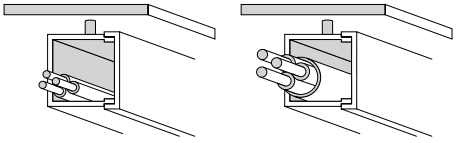
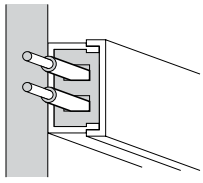
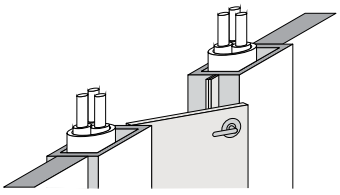
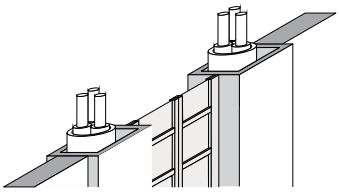
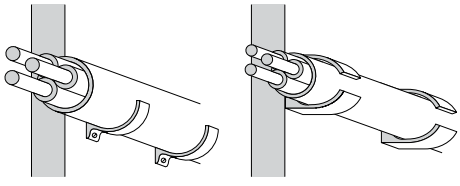
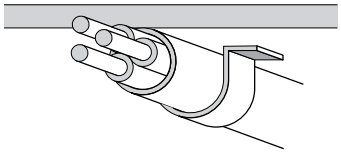
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2
12		Conductores aislados o cables unipolares en molduras.	A1
15		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en arquitrave.	A1
16		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en los marcos de ventana.	A1
20		Cables unipolares o multipolares fijados sobre una pared de madera o espaciados menos de 0,3 veces el diámetro del cable de la pared.	C
21		Cables unipolares o multipolares fijados bajo un techo de madera o mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	C

Tabla A.52.3
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

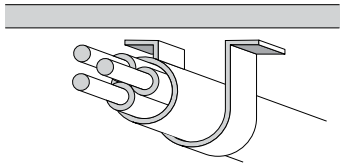
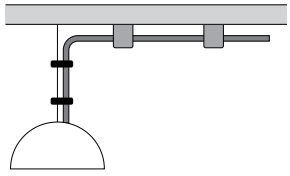
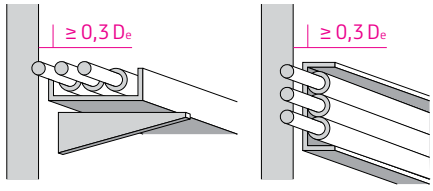
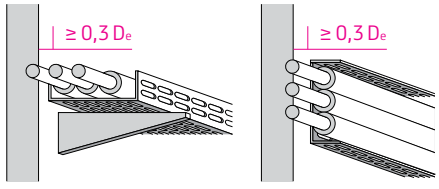
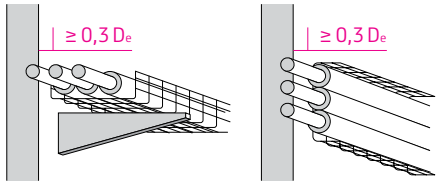
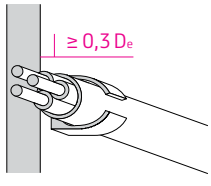
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
22		Cables unipolares o multipolares separados del techo.	En estudio (se recomieda E)
23		Instalación fija de un receptor suspendido.	C
30		Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	C
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
32		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre soportes o bandeja rejilla: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
33		Cables unipolares (F) o multipolares (E) separados de la pared más 0,3 veces el diámetro del cable.	E o F

Tabla A.52.3

Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

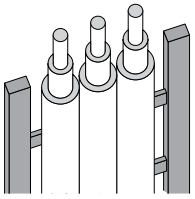
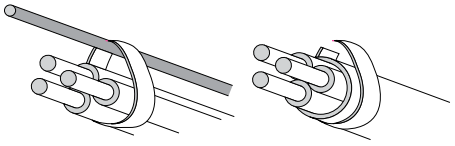
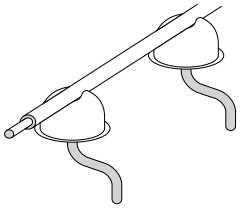
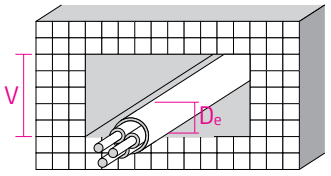
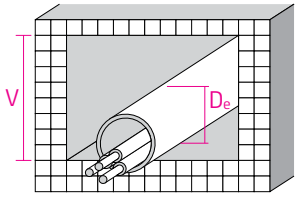
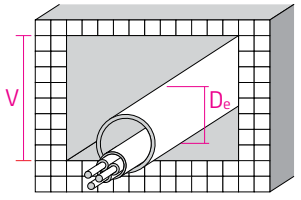
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
34		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre escaleras de cables.	**E o F**
35		Cables unipolares (F) o multipolar (E) suspendido.	**E o F**
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores.	**G**
40		Cables unipolares o multipolares en hueco de construcción.	$1{,}5\ D_e \leq V < 5\ D_e$ **B2** $5{,}0\ D_e \leq V < 20\ D_e$ **B1**
41		Conductores aislados en conductos circulares en hueco de construcción.	$1{,}5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ **B2** $V < 20\ D_e$ **B1**
42		Cables unipolares o multipolares en conductos circulares en hueco de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1{,}5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ **B2** $V < 20\ D_e$ **B1**

Tabla A.52.3

Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

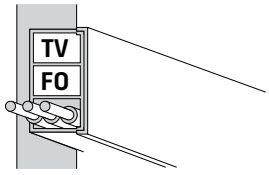
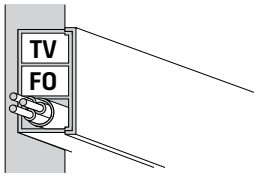
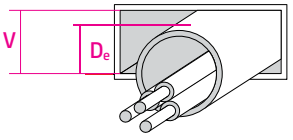
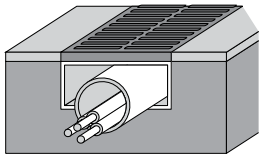
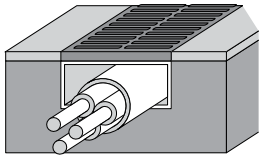
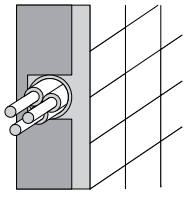
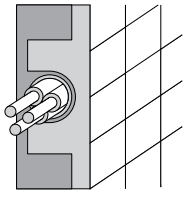
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
52		Conductores aislados o cables unipolares en canal empotrada	**B1**
53		Cable multiconductor en canal empotrada.	**B2**
54		Conductores aislados o cables unipolares en tubo en canal de obra, no ventilada, en recorrido horizontal o vertical.	$1{,}5\ D_e \le V < 20\ D_e$ **B2** $V \ge 20\ D_e$ **B1**
55		Conductores aislados en tubo, en canal de obra abierta o ventilada en el suelo.	**B1**
56		Cables unipolares o multipolares en canal de obra abierta o ventilada de recorrido horizontal o vertical.	**B1**
57		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo,hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W sin protección mecánica complementaria.	**C**
58		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W con protección mecánica complementaria.	**C**

Tabla A.52.3

Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

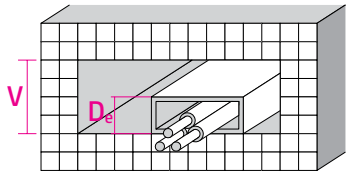
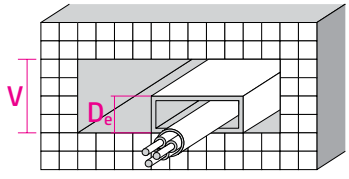
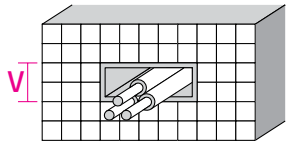
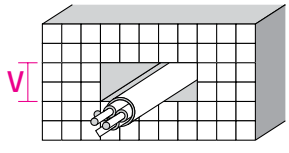
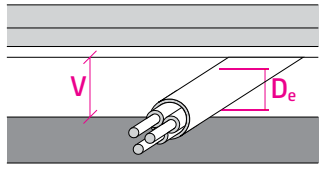
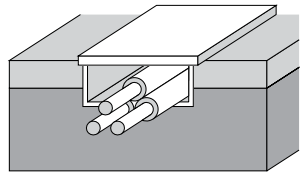
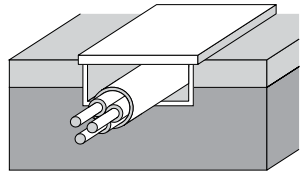
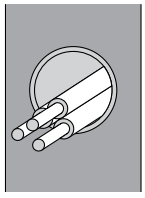
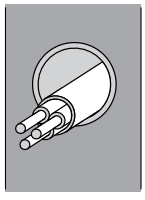
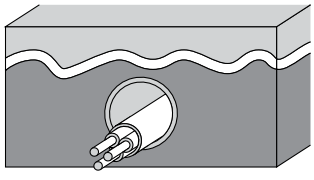
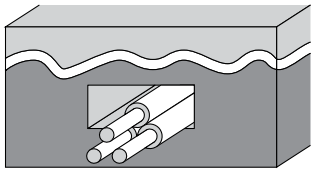
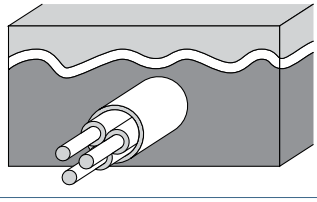
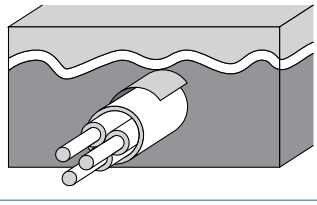
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
43		Conductores aislados en conductos no circulares en hueco de construcción.	1,5 D_e ≤ V < 20 D_e **B2** V ≥ 20 De **B1**
44		Cables unipolares o multipolares en conductos no circulares en vacios de construcción.	En estudio. Puede usarse: 1,5 D_e ≤ V < 20 D_e **B2** V ≥ 20 D_e **B1**
45		Conductores aislados en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	1,5 D_e ≤ V < 5 D_e **B2** 5 D_e ≤ V < 50 D_e **B1**
46		Cables unipolares o multipolares en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	En estudio. Puede usarse: 1,5 D_e ≤ V < 20 D_e **B2** V ≥ 20 D_e **B1**
47		Cables unipolares o multipolares en hueco en el techo o en los suelos suspendidos.	1,5 D_e ≤ V < 5 D_e **B2** 5 D_e ≤ V < 50 D_e **B1**
50		Conductores aislados o cables unipolares en canales empotrados en el suelo.	**B1**
51		Cable multiconductor en canales empotrados en el suelo.	**B2**

Tabla A.52.3
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
59		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	**B1**
60		Cables multiconductores en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	**B2**
70		Cable multiconductor en tubo o en conducto enterrado cerrado de sección no circular.	**D1**
71		Cables unipolares en tubo o en conducto enterrado.	**D1**
72		Cables unipolares o multipolares enterrados *sin* protección mecánica complementaria.	**D2**
73		Cables unipolares o multipolares enterrados *con* protección mecánica complementaria.	**D2**

Así pues, sólo habrá que considerar las tablas de carga de las diez instalaciones "tipo" (A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E, F y G) con las que se identificarán los distintos "métodos de instalación" mencionados.

Debe recordarse que el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) denomina "conductores aislados" a los conductores aislados sin cubierta como, por ejemplo, los cables

WIREPOL CPRO RÍGIDO, WIREPOL CPRO FLEXIBLE o AFUMEX CLASS 750 V (AS)

Se trata de cables que, en el mejor de los casos presentan un nivel de aislamiento de 450/750 V y siempre serán unipolares, lo que limita su campo de aplicación a su "instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos".

Por otro lado, cuando se alude a los cables, se refiere siempre a conductores aislados con una cubierta adicional como, por ejemplo, los cables

RETENAX CPRO FLEX o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)

tanto unipolares como multipolares.

2.1.3. Intensidades admisibles

La posibilidad de empleo de uno u otro tipo de cable lo determinará el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, de acuerdo con las características de la instalación.
Como se puede observar, la tabla C.52.1 bis - Intensidades admisibles (en A) al aire (40 °C) de la norma UNE-HD 60364-5-52 (2014), que se reproduce en la página 54, presenta 18 columnas entre las que, según cual sea el "tipo" de instalación al que se corresponda el "método de instalación" adoptado, el número de conductores cargados del circuito y la naturaleza del aislamiento, se tomará de la columna de cargas adecuada al caso que se trate.

Estas tablas se han confeccionado para las condiciones estándares de instalaciones al aire: un solo circuito a 40 °C de temperatura ambiente a la sombra y temperaturas máximas en el conductor de 70 °C para los aislamientos tipo termoplásticos, (PVC, poliolefinas Z1...) y de 90 °C para los termoestables, (XLPE, EPR, poliolefinas Z...).

Se observa que para instalaciones en el interior de edificios, no se distingue entre cables de tensión asignada 450/750 V ó 0,6/1 kV, ya que las resistividades térmicas de ambos son comparables y sólo varían de manera notable cuando se compara un "conductor aislado", que sólo tiene aislamiento, y un "cable" que dispone de aislamiento y cubierta, extremo que ya se ha tenido en cuenta al definir la instalación "tipo". Por tanto, para una determinada instalación "tipo", lo que define la tabla de cargas a considerar será el número de conductores activos, dos en monofásico o continua, o tres en trifásico, y la naturaleza del material aislante del conductor, termoplástico (PVC o de similar comportamiento térmico), o termoestable (XLPE o de similarcomportamiento térmico), que determina la temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente.
Para elegir correctamente el tipo de cable en la tabla C.52 .1 bis, hay que tener en cuenta la siguiente división entre cables termoplásticos (PVC) y termoestables (XLPE):

El número 2 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay dos conductores activos (típicamente fase y neutro de instalaciones monofásicas, el conductor de protección no se considera activo).
El número 3 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay tres conductores activos (típicamente las 3 fases en suministros trifásicos. El neutro y el conductor de protección no se consideran activos normalmente en este tipo de instalaciones). Existe una consideración especial para neutros cargados por la influencia de los armónicos; este aspecto viene detallado en el anexo E de la UNE-HD 60364-5-52 (2014).

Cables termoplásticos (70 °C temperatura máxima en conductor)	
AFUMEX CLASS 500 V (AS)	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS 750 V (AS)	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS HAZ (AS)	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS Paneles Rígido (AS)	H07Z1-R TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)	Z1Z1-K (AS)
BLINDEX PROTECH 500 V (AS)	Z1C4Z1-K (AS)
BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)	Z1C4Z1-K (AS)
WIREPOL CPRO Flex	H05V-K / H07V-K
WIREPOL CPRO Rígido	H05V-U / H07V-U / H07V-R
WIREPOL CPRO GAS	H05VV-F
SINTENAX CPRO AG	H05VV-F
SINTENAX CPRO 1000 V	VV-K
DATAX LiYCY CPRO	LiYCY

Cables termoestables (90 °C temperatura máxima en conductor)	
AFUMEX PANELES Flex	H05Z-K / H07Z-K
AFUMEX CLASS 1000 V (AS)	RZ1-K (AS)
AFUMEX CLASS MANDO (AS)	RZ1-K (AS)
AFUMEX CLASS FIRS (AS+)	mRZ1-K (AS+)
AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)	SOZ1-K (AS+)
AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)	RZ1C40Z1-K (AS)
AFUMEX CLASS ATEX (AS)	RZ1MZ1-K (AS)
AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)	RZ1MZ1-K 2RH (AS)
AFUMEX EXPO	H07ZZ-F
AL AFUMEX CLASS (AS)	AL RZ1 (AS)
PRYSMIAN PRYSOLAR	H1Z2Z2-K
TECSUN	H1Z2Z2-K
RETENAX CPRO Flex	RV-K
RETENAX CPRO Rígido	RV (XV)
RETENAX FLAM F	RVFV
FLEXTREME MAX	H07RN-F / DN-F
BUPRENO BOMBAS SUMERGIDAS	DN-F BOMBAS SUMERGIDAS
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)	AL XZ1 (S)
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)	AL XZ1 (AS)
AL POLIRRET CPRO	AL RZ
POLIRRET FERIEX CPRO	RZ

Tabla C.52.1 bis

Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)

Método de instalación tipo según tabla 52-B2		Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																	
A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (70 °C)		
D1/D2*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713
Aluminio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	
	10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	82
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35				74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50				90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70				115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95				140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120				161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
	150					187	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
	185					212	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
	240					248	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482
	300					285		313		331		366		400		429	462	494	558

NOTA: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la propia norma UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

Tabla C.52.2 bis

Cables en tendidos enterrados directamente o bajo tubo. Temperatura 25 °C y resistividad térmica 2,5 K·m/W.

Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

2.1.4. Factores de corrección

Cuando las condiciones de la instalación son distintas a las estándares tomadas como base para la confección de la tabla *C.52.1 bis*: temperatura ambiente de 40 °C al aire (a la sombra) o tabla *C.52.2 bis*: 25 °C enterrado, hay más de un circuito en la misma canalización, hay influencia de los armónicos o se alimenta a receptores concretos, se tomarán los factores de corrección que siguen.

NOTA: Con el objetivo de facilitar la utilización del catálogo, hemos incluido un icono en el margen derecho de las tablas para ayudar a la rápida localización del/los factor/es de corrección a emplear en los cálculos.

Factores de correción por temperatura

Ya se ha indicado anteriormente que, cuando la temperatura ambiente (θa) es distinta a los 40 °C, las intensidades de la tabla *C.52.1 bis* o de la tabla básica mencionada anteriormente se deberán multiplicar por un factor de corrección que tenga en cuenta el distinto salto térmico a utilizar en:

$$I = \sqrt{(\Delta\theta / n \cdot RE \cdot RT)}$$

Fórmula que nos da la intensidad admisible en un conductor a partir de la ley de Ohm eléctrica y la "ley de Ohm térmica".

Según la "ley de Ohm térmica" la potencia disipada en forma de calor en un cable:

$$\Delta\theta = P \cdot R_T \rightarrow P = \frac{\Delta\theta}{R_T}$$

Según la ley de Ohm eléctrica, la potencia generada en forma de calor en un cable con n conductores activos:

$$P = n \cdot R_E \cdot I^2$$

Donde:

R_E representa la resistencia óhmica del cable [Ω/m];
R_T la resistencia térmica del ambiente que le rodea [°C/W];
$\Delta\theta$ es la diferencia de temperatura entre el conductor (Tc = 90 °C) y el ambiente que le rodea, θa[°C] y
n es el número de conductores activos con carga en la línea (3 en el caso de circuitos trifásicos y 2 en monofásico).

Igualando los términos tenemos la relación de I con la temperatura del ambiente.

$$\frac{\Delta\theta}{R_T} = n \cdot R_E \cdot I^2 \rightarrow \sqrt{\frac{\Delta\theta}{n \cdot R_E \cdot R_T}}$$

Y con esta fórmula obtenemos el valor del coeficiente a aplicar según la temperatura del ambiente.

$$I' = \sqrt{\frac{\Delta\theta'}{n \cdot R_E \cdot R_T}} \rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{\sqrt{\frac{\Delta\theta'}{n \cdot R_E \cdot R_T}}}{\sqrt{\frac{\Delta\theta}{n \cdot R_E \cdot R_T}}} \rightarrow \frac{I'}{I} \approx \frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}$$

$$I' = K \cdot I \quad \begin{cases} \text{Termoplásticos} & K_{PVC} = \sqrt{\frac{70 - \theta'_a}{70 - 40}} \\ \text{Termoestables} & K_{XLPE} = \sqrt{\frac{90 - \theta'_a}{90 - 40}} \end{cases}$$

Por tanto, este factor de corrección por temperatura valdrá, en el caso de cables con aislamiento termoplástico tipo PVC (soportan 70 °C en régimen permanente):

$$K_{PVC} = \div \sqrt{[(70 - \theta'_a)/30]}$$

y en los de aislamiento termoestable tipo XLPE (soportan 90 °C en régimen permanente):

$$K_{XLPE} = \div \sqrt{[(90 - \theta'_a)/50]}$$

Por ejemplo un cable termoestable (temperatura máxima en sus conductores en régimen permanente es de 90 °C (θ_c) de 50 °C (θ'_a) deberá verse afectado del siguiente coeficiente de corrección por temperatura toda vez que el valos estándar de temperatura en España para instalaciones al aire es de 40 °C.

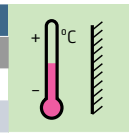
$$\sqrt{\frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}} = \sqrt{\frac{\theta_c - \theta'_a}{\theta_c - \theta'_a}} = \sqrt{\frac{90 - 50}{90 - 40}} = \sqrt{\frac{4}{5}} \approx 0{,}9$$

Valor que coincide con el reflejado para 50 °C y cables termoestables de la tabla B.52.14. Procediendo de forma análoga obtenemos todos los valores:

Tabla B.52.14

Factores de corrección de la intensidad admisible para temperatura ambiente diferente de 40 °C (instalaciones al aire)

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,4	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



Luego, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 40 °C, la mejor refrigeración de los cables les permitirá transportar corrientes superiores. Recíprocamente, temperaturas ambiente más elevadas deben corresponderse con corrientes más reducidas. Esto es especialmente importante cuando en canalizaciones antiguas se añaden nuevos circuitos a los ya existentes. Si no se tiene en cuenta la mayor temperatura ambiente que suponen estos nuevos cables y se reduce la carga de los circuitos antiguos, se pueden producir sobrecalentamientos peligrosos para la instalación. En estos casos hay que recalcular las intensidades de cada circuito teniendo en cuenta el agrupamiento final resultante.

Tabla B.52.15

Factores de corrección de la intensidad admisible para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 25 °C a aplicar para cables (en conductos enterrados)

Aislamiento	Temperatura ambiente (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	1,05	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	1,04	1,00	0,97	0,93	0,89	0,83	0,79	0,74	0,68	0,63	0,55	0,48	0,40

Factores de corrección por resistividad térmica del terreno

Una importante novedad desde la versión de 2004 de la norma de intensidades admisibles es considerar la resistividad estándar del terreno de 2,5 K·m/W frente a 1 K·m/W (referencia anterior), lo que supone una drástica reducción de las intensidades admisibles en cables enterrados en instalaciones interiores o receptoras (las que no son redes de distribución) frente al método que se venía utilizando hasta 2004 proveniente de la ITC-BT-07 que a su vez ha sido redactada basándose en la norma UNE 20435.

Tabla B.52.16

Factores de corrección de la intensidad admisible para cables soterrados en terrenos de resistividad térmica diferente a 2,5 K·m/W

Resistividad térmica K·m/w	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Cables en conductos enterrados (D1)	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Cables enterrados directamente (D2)	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

Factores de corrección por agrupamiento

El calentamiento mutuo de los cables, cuando varios circuitos coinciden en la misma canalización, obliga a considerar un factor de corrección adicional para tener en cuenta la mayor dificultad para disipar el calor generado, ya que esta situación equivale a una mayor temperatura ambiente.

Por esta razón, la norma UNE-HD 60364-5-52 incluye la tabla C.52.3 en la que se reseñan las factores de corrección a considerar cuando en una canalización se encuentran juntos varios circuitos o varios cables multiconductores. Estos factores deben utilizarse para modificar las intensidades indicadas en la tabla C.52.1 bis.

Tabla C.52.3

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
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	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Cuando los cables vayan dispuestos en varias capas superpuestas, los valores para tales disposiciones deben ser sensiblemente inferiores y han de determinarse por un método adecuado (ver apartado 2.14.).

Con el objeto de ayudar a la hora de aplicar esta tabla o de facilitar factores de corrección de agrupamientos que no se incluyen expresamente en la UNE-HD 60364-5-52 recomendamos consultar el apartado 2.14. de este catálogo.

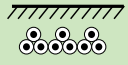
Las tablas B.52.20 y B.52.21, que figuran más adelante, contienen factores de corrección más concretos para diferentes agrupaciones de cables en bandejas, escaleras de cables y similares.

Para agrupamientos de cables enterrados tenemos los siguientes factores:

Tabla B.52.18

Factores de corrección por agrupamiento de varios circuitos, cables directamente enterrados (tipo D2)

Número de circuitos	Distancia entre conductos (a)				
	Núla (cables en contacto)	Un diámetro de cable	0,125m	0,25m	0,5m
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
7	0,45	0,51	0,59	0,67	0,76
8	0,43	0,48	0,57	0,65	0,75
9	0,41	0,46	0,55	0,63	0,74
12	0,36	0,42	0,51	0,59	0,71
16	0,32	0,38	0,47	0,56	0,68
20	0,29	0,35	0,44	0,53	0,66



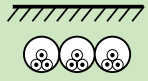
Cables unipolares

Cables multiconductores

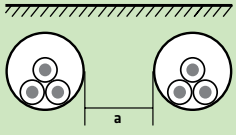
Tabla B.52.19

A-Cables multiconductores en conductos enterrados (tipo D1) o cables unipolares en un solo conducto

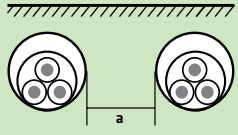
Número de cables multicolores o de grupos de 2 o 3 cables unipolares (un circuito por conducto)	Distancia entre conductos (a)			
	Nula (tubos en contacto)	0,25 m	0,50 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82



Cables unipolares



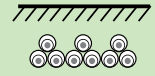
Cables multiconductores



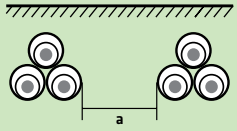
Consideramos suficiente seguridad utilizar éstos valores para circuitos con cables unipolares enterrados bajo tubo o conducto (la norma omite éste frecuente caso).

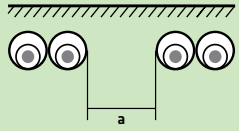
B-Cables unipolares, un cable por conducto (tipo D1)

Número de cables multicolores o de grupos de 2 o 3 cables unipolares (un circuito por conducto)	Distancia entre conductos (a)			
	Nula (tubos en contacto)	0,25 m	0,50 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
7	0,53	0,66	0,76	0,87
8	0,50	0,63	0,74	0,87
9	0,47	0,61	0,73	0,86
10	0,45	0,59	0,72	0,85
11	0,43	0,57	0,70	0,85
12	0,41	0,56	0,69	0,84
13	0,39	0,54	0,68	0,84
14	0,37	0,53	0,68	0,83
15	0,35	0,52	0,67	0,83
16	0,34	0,51	0,66	0,83
17	0,33	0,50	0,65	0,82
18	0,31	0,49	0,65	0,82
19	0,30	0,48	0,64	0,82
20	0,29	0,47	0,63	0,81



Cables unipolares





NOTA: Los valores indicados en estas tablas B.52-18 y B.52-19 se aplican para una profundidad de 0,7 m y una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W.

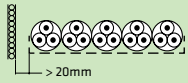
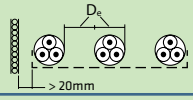
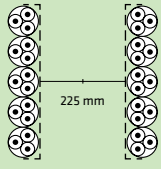
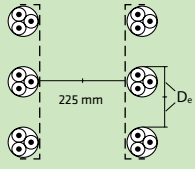
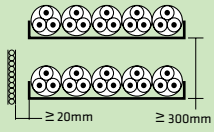
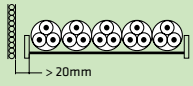
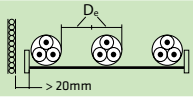
Las siguientes tablas (B.52.20 y B.52.21) recogen coeficientes de corrección por agrupamiento para los métodos de instalación tipo E y F (bandejas perforadas, rejillas o escalera o cables grapados a la pared con una separación de la misma de al menos 0,3 veces el diámetro del cable). Suponen una recopilación de coeficientes más afinada que la tabla C.52-3, que recoge coeficientes para las instalaciones tipo E y F en sus filas 4 y 5.

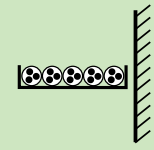
No obstante, decir que hay una gran ausencia en la tabla B.52.21 dado que limita a 3 circuitos el coeficiente mayor para cables unipolares dejando entrever en sus dibujos que además no considera circuitos en contacto con cables unipolares al tresbalillo, por ello para tales casos recomendamos las citadas filas de la tabla B.52.20 dado que se puede admitir que se dan coeficientes para casos más desfavorables (un cable multipolar disipa peor el calor generado que 3 unipolares de la misma sección).

Todas las tablas mencionadas se pueden aplicar a los valores de intensidades admisibles recogidas en la tabla C.52.1 bis para los métodos de instalación tipo E y F. Si bien en el caso de las tablas siguientes (B.52.20 y B.52.21) es necesario conocer el tipo de soporte (escalera,bandeja perforada etc.), la disposición de los conductores de los circuitos y el número de circuitos para aplicar la fila adecuada y en el caso de la tabla C.52.3 sólo es necesario saber el número de circuitos.

Tabla B.52.20

Factores de reducción por agrupamiento
para aplicar a cables multiconductores instalados al aire (método E)

Método de instalación de la tabla A.52.3			Número de bandejas	Número de cables					
				1	2	3	4	6	9
Bandejas perforadas (nota 3) (Instalación referencia 31)	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
			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,65	0,64
	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 4) (Instalación referencia 31)	En contacto		1	1,00	0,8	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	-
Sistema de bandejas no perforadas (Instalación referencia 31)	En contacto		1	0,97	0,84	0,78	0,75	0,71	0,68
			2	0,97	0,83	0,76	0,72	0,68	0,63
			3	0,97	0,82	0,75	0,71	0,66	0,61
			6	0,97	0,81	0,73	0,69	0,63	0,58
Escalera de cables, abrazaderas, etc. (nota 3) (Instalaciones referencias 32, 33 y 34)	En contacto		1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,76	0,73
			2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,73	0,68
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,71	0,66
			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,65	0,64
	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	-



NOTA 1: los factores se aplican a capas únicas de cables (o triángulos) 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 (ver apartado 2.14.1.).

NOTA 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.

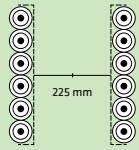
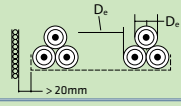
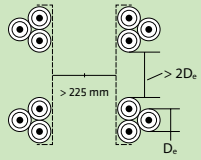
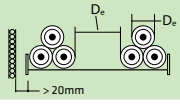
NOTA 3: los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

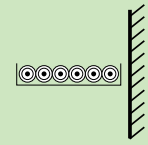
NOTA 4: los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, con las bandejas montadas espalda contra espalda y al menos a 20 mm entre la bandeja y el muro. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

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.

Tabla B.52.21

Factores de reducción por agrupamiento para aplicar a varios cables unipolares al aire (método F)

Método de instalación de la tabla A.52.3		Número de bandejas	Número de circuitos trifásicos (nota 2)		
			1	2	3
Bandejas perforadas (nota 3) (Instalación referencia 31)	En contacto	1	0,98	0,91	0,87
		2	0,96	0,87	0,81
		3	0,95	0,85	0,78
Bandejas perforadas verticales (nota 4) (Instalación referencia 31)	En contacto 	1	0,96	0,86	-
		2	0,95	0,84	-
Escalera de cables, abrazaderas, etc. (nota 3) (Instalación referencia 32, 33 y 34)	En contacto	1	1,00	0,97	0,96
		2	0,98	0,93	0,89
		3	0,97	0,90	0,86
Bandejas perforadas (nota 4) (Instalación referencia 31)		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 3) (Instalación referencia 31)	Separados 	1	1,00	0,91	0,89
		2	1,00	0,90	0,86
Escalera de cables, abrazaderas, etc. (nota 3) (Instalación referencia 32, 33 y 34)		1	1,00	1,00	1,00
		2	0,97	0,95	0,93
		3	0,96	0,94	0,90



NOTA 1: los factores se aplican a capas únicas de cables (o triángulos) 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 (ver apartado 2.14.1.).

NOTA 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.

NOTA 3: los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas, conviene reducir los factores.

NOTA 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 la bandeja y el muro. Para distancias más pequeñas, conviene 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.

Efectos de las corrientes armónicas

Se deberá aplicar método adecuado cuando la incidencia de las corrientes armónicas sea significativa (ver anexo E en la norma UNE HD 60364-5-52).

Factores de corrección por tipo de receptor o de instalación

Locales con riesgo de incendio o explosión:
"La intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15 % respecto al valor correspondiente a una instalación convencional." (ITC-BT 29, pto. 9.1., 6º párrafo).

Instalaciones generadoras de baja tensión:
"Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador" (ITC-BT 40, pto. 5).

"Para **receptores con lámparas de descarga**, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de laslámparas." "... será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquellos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte." (ITC-BT 44 pto. 3.1, 4º párrafo).

"Los conductores de conexión que alimentan a **un solo motor** deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor."

En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque (conductores secundarios) deben estár dimensionados, asimismo, para al 125% de la intensidad a plena carga del motor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección según el tiempo de funcionamiento continuado, pero en ningún caso tendrán una sección inferior a la que corresponde el 85% de la intensidad a plena carga del rotor". (ITC-BT 47, pto. 3-1).

"Los conductores de conexión que alimentan a **varios motores**, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás." (ITC-BT 47, pto. 3.2).

"En los motores de **ascensores, grúas y aparatos de elevación en general**, tanto de corriente continua como de alterna, se computará como intensidad normal a plena carga, ...la necesaria para elevar las cargas fijadas como normales a la velocidad de régimen una vez pasado el período de arranque, multiplicada por el coeficiente 1,3". (ITC-BT 47, ver tabla 1 y pto. 6, 5º párrafo).

NOTA: para caídas de tensión e intensidades de cortocircuito ver apartados 2.6 y 2.7.

Prysmian Group

Prysmian
Group

2.2. Redes aéreas para distribución en baja tensión

2.2.1. Introducción

Los cables adecuados para estas instalaciones, deberán ser de una tensión asignada de 0,6/1 kV, aislados y cubiertos con materiales poliméricos termoestables adecuados para soportar la acción de la intemperie, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 21030

AL POLIRRET CPRO, POLIRRET FERIEX CPRO

con una sección adecuada a la corriente que deban transportar.

Estos cables, de tensión asignada 0,6/1 kV, se podrán instalar como:

• Cables posados directamente sobre los muros mediante abrazaderas sólidamente fijadas a los mismos y resistetes a la acción de la intemperie, o sobre cualquier otro soporte que les proporcione análoga robustez.

• Cables tensados.

Los cables con neutro fiador podrán ir tensados entre piezas especiales colocadas sobre apoyos, fachadas o muros, con una tensión mecánica adecuada, sin considerar a estos efectos el aislamiento, como elemento resistente. Para el resto de los cables tensados se utilizan cales fiadores de acero galvanizado, cuya resistencia a la rotura será, como mínimo, de 800 daN, y a los que se fijarán, mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados, los conductores aislados.

La sección mínima será la de 16 mm^2 en los cables de aluminio y de 10 mm^2 en los de cobre para redes de distribución aéreas.

Los tipos de cable a utilizar en función del modo de tendido serán:

• Redes tensadas:

Autoportantes con neutro fiador de ALMELEC:
AL POLIRRET CPRO (con fiador incorporado).

Sin fiador (necesario instalar fiador de acero adicional):
AL POLIRRET CPRO (sin fiador).
POLIRRET FERIEX CPRO

• Redes posadas:
AL POLIRRET CPRO (no necesario fiador).
POLIRRET FERIEX CPRO

Las características dimensionales, eléctricas y mecánicas de todos estos cables podrán obtenerse en las páginas correspondientes.

2.2.2. Intensidades máximas admisibles

En las tablas que siguen figuran las intensidades máximas admisibles en régimen permanente para los cables objeto de este apartado, en condiciones normales de instalación. Se definen como condiciones normales de instalación las que corresponden a un solo cable, instalado al aire libre y a una temperatura de 40 °C. Para otras condiciones distintas se aplicarán los factores de corrección definidos en los apartados correspondientes.

Reproducimos a continuación las intensidades admisibles de redes aéreas para distribución en BT. Al haberse publicado el borrador de la futura ITC BT-06 cuando se estaba cerrando el contenido de este catálogo hemos considerado interesante incluir los valores de intensidades admisibles vigentes (extraídos de la norma UNE 20435 ya anulada hace bastantes años) y los futuros (de la norma UNE 211435-1) para poder aplicar el que proceda en cada momento y también para de forma fácil poder comparar los valores ya que varían sensiblemente.

Como novedad podemos señalar que para la futura ITC BT-06 se establece un valor estándar de radiación solar de 1 kW/m^2 cuando el cable está expuesto a la acción directa del sol. Para las demás condiciones no hay cambios, para los valores tabulados de intensidades admisibles se considera un solo cable al aire (sin formar parte de un agrupamiento con otros cables) y una temperatura ambiente de 40 °C.

Cables tipo Al Polirret CPRO (Al RZ según UNE 21030-1) con neutro fiador de Almelec (Aluminio-Magnesio-Silicio) en red tensada sobre apoyos.

Intensidad máxima admisible, en A				
Construcción	Protegidos del sol		Expuestos al sol	
	Borrador nuevo REBT	REBT 2002	Borrador nuevo REBT	REBT 2002
1 x 25 Al/54,6 Alm	105	110	95	99
1 x 50 Al/54,6 Alm	160	165	145	149
3 x 25 Al/29,5 Alm	90	(no figura)	76	(no figura)
3 x 25 Al/54,6 Alm	90	100	76	90
3 x 50 Al/29,5 Alm	135	(no figura)	115	(no figura)
3 x 50 Al/54,6 Alm	135	150	115	135
3 x 95 Al/54,6 Alm	215	230	185	207
3 x 150 Al/80 Alm	300	305	250	275

Cables sin neutro fiador tipo Al Polirret CPRO (Al RZ según UNE 21030-1) en red posada sobre fachada o tensada sobre apoyos.

Intensidad máxima admisible, en A						
Construcción	Protegidos del sol			Expuestos al sol		
	Borrador nuevo REBT (tensados o posados)	REBT 2002		Borrador nuevo REBT (tensados o posados)	REBT 2002	
		Posados	Tensados		Posados	Tensados
2 x 16 Al	78	73	81	72	66	73
2 x 25 Al	105	101	109	95	91	98
4 x 16 Al	64	67	72	56	60	65
4 x 125 Al	90	90	97	76	81	87
4 x 50 Al	135	133	144	115	120	130
3 x 95/50 Al	215	207	223	185	186	201
3 x 150/95 Al	300	277	301	250	249	271

Cables tipo Polirret Feriex CPRO (RZ, según UNE 21030-2) en red posada sobre fachada o tensada sobre apoyos.

Intensidad máxima admisible, en A						
Construcción	Protegidos del sol			Expuestos al sol		
	Borrador nuevo REBT (tensados o posados)	REBT 2002		Borrador nuevo REBT (tensados o posados)	REBT 2002	
		Posados	Tensados		Posados	Tensados
2 x 10 Cu	76	77	85	70	69	77
4 x 10 Cu	62	65	72	54	59	65
4 x 16 Cu	84	86	95	72	77	86

Recordar primeramente que para los cables que no tienen neutro fiador y se instalan en red tensada, el borrador de la ITC BT-06 sigue contemplando la obligatoriedad de añadir un fiador de acero de 800 daN de carga de rotura mínima. Aplicaría a los dos últimos casos de las tablas.

Y al respecto de los valores de intensidades admisibles podemos ver que han sido rebajados y figuran valores cuando están protegidos del sol y cuando están expuestos al mismo. Así figuran en la nueva norma de referencia UNE 211435-1 cuya serie sustituye a UNE 20435.

Hasta ahora para exposición solar directa la ITC BT-06 en su punto 4.2.2.1. recoge un coeficiente de corrección 0,9 o inferior (en Francia por ejemplo la norma NF C 15-100 indica 0,85) pero la nueva norma da los valores directamente. Los valores comparados utilizados en las tablas anteriores se puede comprobar fácilmente han sido los más optimistas aplicando el valor a la sombra multiplicado por 0,9.

El resto de tablas de coeficientes de corrección por temperatura o agrupación no varía. E igualmente se dan los mismos valores de intensidades máximas de cortocircuito.

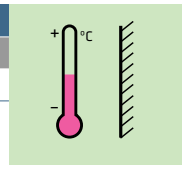
Factores de correción

(válidos para REBT 2002 y futuro REBT)

Los factores que figuran a continuación son válidos para las dos opciones.

Factor de corrección para temperatura ambiente distinta de 40°C

Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77



Este factor de corrección se obtiene de la siguiente expresión:

$$F = \sqrt{[(90-\theta_a)/50]}$$

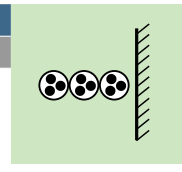
En el caso de que los cables estén expuestos directamente al sol, se aplicará además un factor 0,9 (salvo cuando el valor de la intensidad ya lo considera).

En la tabla que sigue se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, de acuerdo con el tipo de instalación.

Para redes aéreas tensadas o posadas, se aplicarán los siguientes factores de corrección:

Factor de corrección para agrupamiento de cables en redes tensadas o posadas

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



Cuando se empleen varios conductores por fase se deberá utilizar un factor de corrección adicional no inferior a 0,9 (UNE 20435 apartado 3.1.2.3).

NOTA: para caídas de tensión e intensidades de cortocircuito ver apartados 2.6. y 2.7.

Prysmian
Group

2.3. Redes subterráneas para distribución

(criterio de la norma UNE 211435-1 y nueva ITC-BT 07)

2.3.1. Introducción

Las redes subterráneas para distribución según el REBT deben realizarse siguiendo las indicaciones de la ITC-BT 07 cuyo contenido está basado en la UNE 20435, norma que fue anulada y sustituida por la UNE 211435. La resolución de 9 de enero de 2020, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa refleja el nuevo listado de normas de la ITC-BT 02 del REBT y en ella se contempla la sustitución de la norma UNE 20435 por la UNE 211435 cuya versión más actual es de 2021.

Por tanto, a los efectos de las ITC-BTs 06 y 07 del REBT toda alusión a la UNE 20435 ha de ser actualizada por la UNE 211435. Ocurre que existen tablas de intensidades admisibles y coeficientes de corrección expresamente contenidos en las citadas ITC-BTs y por ello la aplicación de UNE 211435 en ese contenido expreso puede carecer de obligación legal. Recomendamos en cualquier caso la correspondiente consulta a la D.G. Industria correspondiente y a la empresa suministradora de electricidad.

En este catálogo reflejamos los criterios del REBT con UNE 211435 (que será además el criterio de la ITC-BT 07 del REBT posterior al de 2002).

Los cables a utilizar, las tablas de intensidad máxima admisible y los coeficientes de corrección son como sigue:

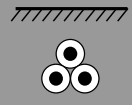
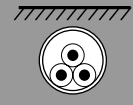
2.3.2. Tipos de cable

Cables de aluminio.
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (Al XZ1 (S))
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (Al XZ1 (AS))

Cables de cobre
RETENAX CPRO FLEX (RV-K),
RETENAX CPRO RÍGIDO (RV),
AFUMEX CLASS ATEX (RZ1MZ1-K (AS)),
de 0,6/1 kV las intensidades admisibles en función del sistema de instalación están recogidas en la siguiente tabla:

Tabla A.1

Cables de distribución tipo Al XZ1 (S), Al XZ1 (AS), RV, RV-K, RZ1MZ1-K (AS) o de 0.6/1 kV (cables soterrados y cables en galerías subterráneas).

Intensidad máxima admisible en aislamiento de XLPE / Conductor de Cu o Al cables en triángulo en contacto			
Sección (mm²)	Directamente soterrados 	En tubular soterrados 	*Al aire, en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables (protegidos del sol)
Aluminio			
25	98	82	88
50	135	115	125
95	200	175	200
150	260	230	290
240	340	305	390
Cobre			
10	78	64	66
16	100	82	88

(*) Solo válido cable AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS) (Al XZ1 (AS)).

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

Obsérvese que ahora el estándar considerado para la resistividad térmica del terreno es 1,5 K·m/W en lugar de 1 K·m/W de la UNE 211435-1 (= ITC-BT 07 del REBT 2002) lo que supone una reducción de las intensidades admisibles en canalizaciones soterradas.

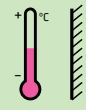
2.3.3. Factores de correción

Si la temperatura ambiente difiere del estándar (40°C para instalaciones al aire en galerías y 25°C para instalaciones enterradas) tenemos los siguientes valores a aplicar a las intensidades de la tabla anterior:

Tabla A.2

Factores de corrección para distintas temperaturas (cables en galerías subterráneas y cables soterrados)

Temperatura máxima de conductor (°C)	Temperatura ambiente para 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



NOTA: se observa que, en ciertas condiciones de instalación (en canales, galerías, etc.), el calor disipado por los cables no puede difundirse libremente y provoca un aumento de la temperatura del aire. La magnitud de este aumento depende de muchos factores y debe ser determinado en cada caso como estimación aproximada. Debe tenerse en cuenta que la sobreelevación de temperatura es del orden de 15 °C. La intensidad admisible en las condiciones de régimen deberá, por tanto, reducirse con los coeficientes de la tabla anterior.

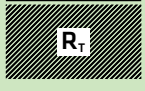
Temperatura máxima de conductor (°C)	Temperatura del terreno para cables soterrados (°C)								
	10	15	20	25	30	40	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

(AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S), AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS), RETENAX CPRO RÍGIDO, RETENAX CPRO FLEX y AFUMEX CLASS ATEX (AS), cuando la resistividad térmica del terreno sea distinta de 1,5 K·m/W y la instalación sea entubada debemos tener en cuenta los siguientes factores:

Tabla A.3

Factores de corrección para distintas resistividades térmicas del terreno

Sección del conductor (mm²)	Cables instalados en tubos soterrados (un circuito por tubo)						
	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 (Al), 10 (Cu), 16 (Cu)	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:

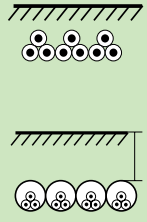
Cables directamente soterrados en triángulo en contacto							
Sección del conductor (mm²)	Resistividad del terreno						
	0,8 K·m/W	0,9 K·m/W	1 K·m/W	1,5 K·m/W	2 K·m/W	2,5 K·m/W	3 K·m/W
10 (Cu), 16 (Cu)	1,24	1,19	1,15	1,00	0,89	0,82	0,75
25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	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

Para tener en cuenta el efecto de la profundidad de enterramiento de la instalación:

Tabla A.4

Factores de corrección para distintas profundidades de soterramiento (cables soterrados)

Cables de 0,6/1 KV		
Profundidad (m)	Soterrados directamente	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

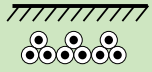


Coeficientes de corrección por agrupamiento para instalaciones enterradas.

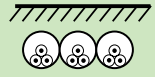
Tabla A.5

Factores de corrección para agrupamiento de cables de 0,6/1 kV (cables soterrados)

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto ternas dispuestas en un plano horizontal directamente enterradas					
Circuitos agrupados	Distancias entre ternas 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	-	-



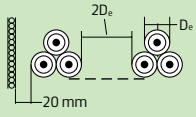
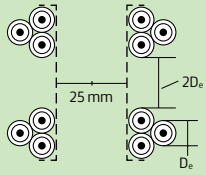
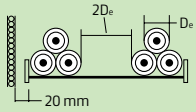
Circuitos de cables unipolares en tubulares soterrados tubos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Distancias entre tubos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97
3	0,77	0,82	0,87	0,90	0,93
4	0,71	0,77	0,84	0,88	0,91
5	0,67	0,74	0,81	0,86	0,89
6	0,64	0,71	0,79	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	-	-

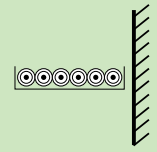


Para las instalaciones en galerías, tenemos la siguiente tabla para agrupamiento de cables:

Tabla A.6

Factores de corrección por agrupamiento de cables al aire libre o en galerías (galerías subterráneas)

Disposición		Número de bandejas	Número de circuitos o cables multiconductores		
			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 y 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 las secciones consideradas. La dispersión de los valores es inferior al 5% en genaral.

NOTA 2: los factores se aplican a cables 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 apartado 2.14.1.).

NOTA 3: los valores están previstos para una separación entre bandejas verticales de 300 mm. Para espacios inferiores hay que reducir los factores.

NOTA 4: los valores están 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.

Prysmian
Group

2.4. Redes subterráneas para la distribución

(criterio del REBT 2002 basado en la antigua UNE 20435)

La ITC-BT 07 del REBT indica cómo se deben realizar las redes subterráneas para distribución basándose en el contenido de la norma UNE 20435 que ha sido anulada y sustituida por la UNE 20435 (2011). En este apartado, continuamos ofreciendo el contenido del REBT 2002 y por tanto el de la extinguida UNE 20435, dado que la citada ITC-BT 07 refleja de forma expresa tablas de intensidades y factores de corrección. En el apartado 2.3. se pueden encontrar las nuevas tablas y criterios para hacer cálculos en base a la norma que hay en vigor actualmente (UNE 211435-1).

Este tipo de redes puede adoptar las modalidades de:

a) Directamente enterrados.
b) Enterrados en el interior de tubos.
c) En galerías, visitables o no, en bandejas, soportes, con los cables dispuestos sobre palomillas, o directamente sujetos a la pared.

Los tipos de cable de más frecuente utilización son:

Redes de distribución (subterráneas):
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) (Al XZ1 (S))
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS) (Al XZ1 (AS))

Las características particulares de estos cables, se pueden encontrar en las correspondientes páginas de este catálogo.

NOTA: Para instalaciones enterradas que no sean redes de distribución. Ver apartado 2.1.

2.4.1. Cables directamente enterrados o enterrados bajo tubo (cables soterrados)

Los cables adecuados para este modo de instalación podrán ser con conductores de cobre o de aluminio, de tensión asignada 0,6/1 kV, aislados con materiales poliméricos termoestables (XLPE, EPR o similar), de acuerdo con lo especificado en la norma UNE-HD 603.
Podrán ser de uno o más conductores y su sección será la adecuada a las intensidades a transportar, de acuerdo con la norma UNE 20435, con las caídas de tensión previstas reglamentariamente. La sección en cualquier caso no será inferior a 6 mm^2 para conductores de cobre y a 16 mm^2 para los de aluminio.

El tipo de protección, armadura o revestimiento exterior del cable, vendrá determinado por las condiciones de instalación, fundamentalmente por los esfuerzos que deba soportar el cable durante el tendido o en el servicio posterior (roedores, instalaciones clasificadas, etc.).

Por otro lado, dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del neutro deberá ser:

a) Con dos o tres conductores, igual a la de los conductores de fase.
b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será, como mínimo la que se indica en la tabla que sigue:

Tabla 1 de ITC-BT-07

Conductores de fase (mm^2)	Sección del neutro (mm^2)
6	6
10	10
16 (Cu)	10 (Cu)
16 (Al)	16 (Al)
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	240

NOTA: la sección reducida del neutro sólo es admisible para circuitos bien equilibrados y exentos de armónicos. En caso contrario la sección del neutro debería ser igual a la de los conductores de fase o incluso superior.

En cuanto a la intensidad máxima permanente admisible en los conductores, de acuerdo con lo especificado en la norma UNE 20435, dependerá de:

- La profundidad de la instalación.
- La resistividad térmica y naturaleza del terreno.
- Temperatura máxima del terreno a la profundidad de instalación.
- La proximidad de otros cables que transporten energía.

Las tablas de carga que siguen se han previsto para las siguientes condiciones "tipo" de la instalación:

Un cable tripolar o tres unipolares trabajando con corriente alterna, enterrados en toda su longitud en una zanja de 70 cm de profundidad, en un terreno de resistividad media de 1 K·m/W y temperatura ambiente de 25 °C.

Recordamos una vez más que, no se consideran activos los conductores de protección (tierra) ni los neutros (salvo la influencia de los armónicos en éstos últimos o desequilibrio de fases superior al 10%). Por ello hablamos siempre de cables tripolares o ternas de unipolares (trifásica) o cables bipolares o 2 cables unipolares (monofásica).

A. Intensidades máximas admisibles (cables soterrados directamente)

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de aluminio de los tipos

AL AFUMEX CLASS (AS) y
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)
(aislamiento tipo A),
AL BUPRENO CPRO (aislamiento tipo B)

directamente enterrados (para instalaciones bajo tubo ver también el siguiente apartado de factores de corrección).

Tabla 4 de ITC-BT-07
Conductores de aluminio

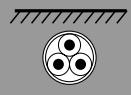
Sección nominal (mm²)	Terna de cables unipolares		1 cable tripolar	
	Tipo de aislamiento			
Aluminio	A	B	A	B
16	97	94	90	86
25	125	120	115	110
35	150	145	140	135
50	180	175	165	160
70	220	215	205	200
95	260	255	240	235
120	295	290	275	270
150	330	325	310	305
185	375	365	350	345
240	430	420	405	395
300	485	475	460	445
400	550	540	520	500

Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre de los tipos

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) y
RETENAX CPRO (aislamiento tipo A),
FLEXTREME MAX (aislamiento tipo B)
directamente enterrados:

Tabla 5 de ITC-BT-07

Conductores de cobre

Sección nominal (mm²)	Terna de cables unipolares		1 cable tripolar 	
	Tipo de aislamiento			
Cobre	A	B	A	B
6	72	70	66	64
10	96	94	88	85
16	125	120	115	110
25	160	155	150	140
35	190	185	180	175
50	230	225	215	205
70	280	270	260	250
95	335	325	310	305
120	380	375	355	350
150	425	415	400	390
185	480	470	450	440
240	550	540	520	505

NOTA: Para el caso de dos cables unipolares o cable bipolar (monofásica o continua), la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares o tripolares respectivamente, de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

Se advierte que cuando la carga no esté equilibrada, con diferencias superiores al 10% entre las fases, o se prevea la presencia de armónicos en la red, fundamentalmente el tercer armónico, puede ser necesario aumentar la sección del conductor neutro hasta garantizar un calentamiento adecuado de este conductor.

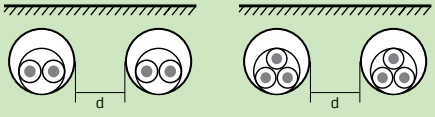
En el supuesto de que las condiciones reales de la instalación sean distintas a las consideradas para la "instalación tipo", los valores de las intensidades indicados en las tablas anteriores deberán modificarse para que, en ningún caso, las temperaturas alcanzadas por los conductores excedan las establecidas para estos tipos de cables en servicio permanente (90 °C).

B. Canalizaciones entubadas (cables soterrados)

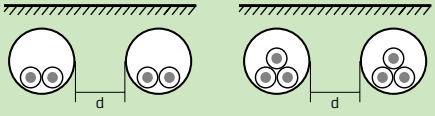
a) Canalizaciones entubadas.

Si se trata de un cable trifásico, o una terna de cables unipolares, o bipolar, o un par de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, se aplicará un factor de corrección de 0,8. Si cada cable unipolar va por un tubo distinto, se aplicará un factor de corrección de 0,9. En este caso, los tubos no deberán ser de hierro, para evitar pérdidas magnéticas.

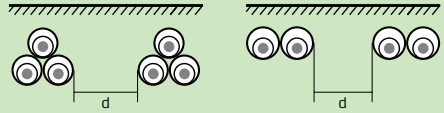
Cables multiconductores



Cables unipolares



Cables unipolares



b) Canalizaciones bajo tubo de corta longitud.

Se consideran de corta longitud, aquellas canalizaciones que tienen menos de 15 metros (típicamente cruces con carreteras o vías). En este caso, si el tubo se rellena con aglomerados de baja resistencia térmica (bentonita, etc.), no será necesario aplicar ningún factor de correción por ir bajo tubo (no confundir con aplicar factor de corrección por agrupamiento).

Si la temperatura del terreno es distinta a 25 °C, se aplicarán los factores de corrección de la tabla siguiente:

Tabla 6 de ITC-BT-07

Factores de correción, para temperaturas del terreno distintas a 25°C (Cables soterrados).

Temperatura máxima en el conductor (θs) (°C)	Temperatura del terreno (θs) (°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

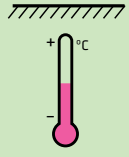


Tabla 7 de ITC-BT-07

Factor de corrección para una resistividad térmica del terreno distinta de 1 K·m/W (Cables soterrados)

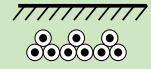
Cable	Resistividad térmica del terreno (K·m/W)										
	0,80	0,85	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Unipolar	1,09	1,06	1,04	1,00	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Tripolar	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

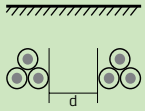
Si en una misma zanja coinciden varios circuitos distintos, el calentamiento mútuo modificará las condiciones "tipo", por lo que se deberán considerar los factores de corrección por agrupamiento que siguen:

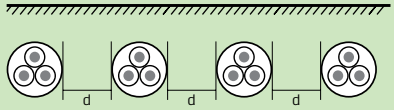
Tabla 8 de ITC-BT-07

Factores de corrección para agrupaciones de varios cables trifásicos o ternas de cables unipolares enterrados en la misma zanja*.

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



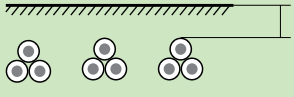


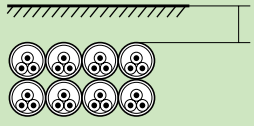


*(*) El REBT (ITC-BT 07, pto. 3.1.2.2.3.) no especifica si los valores de la tabla están calculados para cables enterrados directamente o bajo tubo. Del dibujo bajo la tabla parece desprenderse que se trata del primer caso. El RLAT si que distingue ambas situaciones (*ver tabla 10 de ITC-LAT 06*).

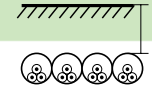
Tabla 8 de ITC-BT-07

Factores de corrección para diferentes profundidades del tendido (Cables soterrados)





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



2.4.2. Cables instalados en galerias subterráneas

Tanto en las galerías visitables como en las zanjas o canales revisables se deberá haber previsto una eficaz renovación del aire, que permita una buena disipación del calor generado por las pérdidas en el cable, de tal manera, que la temperatura ambiente no supere los 40 °C.

Según los casos, los cables irán dispuestos en bandejas, soportes, palomillas, o directamente sujetos a la pared mediante abrazaderas u otros dispositivos que proporcionen a la instalación una adecuada seguridad, en particular para soportar los esfuerzos electrodinámicos producidos en un eventual cortocircuito.

A. Intensidades máximas admisibles (galerías subterráneas)

Las intensidades admisibles y los factores de corrección a considerar, se han tomado de la norma ITC-BT-07 (UNE 20435), para el supuesto de instalaciones al aire en las condiciones "tipo" siguientes:

Un cable trifásico o monofásico, o una terna o un par de cables unipolares agrupados en contacto, con una colocación tal que permitan una eficaz renovación del aire, siendo la temperatura ambiente de 40 °C.

Intensidades máximas admisibles, en amperios en servicio permanente instalados al aire, para cables de Cu de los tipos

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) y
RETENAX CPRO (aislamiento tipo A),
FLEXTREME MAX (aislamiento tipo B),

o cables de Al tipo

AL AFUMEX CLASS (AS) y
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)*
(aislamiento tipo A).

*La renovación eventual de la ITC-BT 07 contempla solo este cable para tendido en galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales registrables, por tener clase de reacción al fuego mejorada (C_{ca}-s1b,-d2,a1).

Tablas 11 y 12 de ITC-BT-07

Sección nominal (mm²)	Conductores de aluminio				Conductores de cobre			
	3 cables unipolares		1 cable trifásico		3 cables unipolares		1 cable trifásico	
	Tipo de aislamiento							
	A	B	A	B	A	B	A	B
6	-	-	-	-	46	45	44	43
10	-	-	-	-	64	62	61	60
16	67	65	64	63	86	83	82	80
25	93	90	85	82	120	115	110	105
35	115	110	105	100	145	140	135	130
50	140	135	130	125	180	175	165	160
70	180	175	165	155	230	225	210	200
95	220	215	205	195	285	280	260	250
120	260	255	235	225	335	325	300	290
150	300	290	275	260	385	375	350	335
185	350	345	315	300	450	440	400	385
240	420	400	370	360	535	515	475	460
300	480	465	425	405	615	595	545	520
400	560	545	505	475	720	700	645	610

NOTA: Para el caso de dos cables unipolares o un cable bipolar, multiplicar por 1,225 la intensidad correspondiente a tres cables unipolares o un cable tripolar respectivamente. 1,225 procede de √(3/2) (ver desasarrollo en apartado 2.1. punto "Factores de corrección por temperatura").

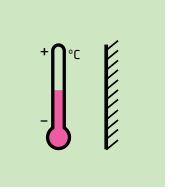
B. Factores de corrección

En el caso de que la temperatura ambiente fuera distinta de 40 °C, se aplicaría el factor de corrección correspondiente, tomado de la tabla que sigue:

Tabla 13 de ITC-BT-07

Factor de correción F para temperatura ambiente distinta de 40°C (galerías subterráneas)

Temperatura máxima en el conductor (θ_c) (°C)	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84	0,77



El factor de corrección para otras temperaturas del ambiente, distintas de las tabuladas, será:

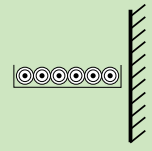
$$F = \sqrt{[(90-\theta_a)/50]}$$

En las tablas que siguen se dan los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, de acuerdo con el tipo de instalación.

Tabla 14 de ITC-BT-07

Factor de correción para agrupaciones de varios circuitos de cables unipolares (galerías subterráneas)

Tipo de instalación		Número de circuitos trifásicos (2)			A utilizar para (1):
	Núm. de bandejas	1	2	3	
Bandejas perforadas en horizontal cables en contacto (3)	1	0,95	0,90	0,85	Tres cables en capa horizontal
	2	0,95	0,85	0,80	
	3	0,90	0,85	0,80	
Bandejas perforadas en vertical cables en contacto (4)	1	0,95	0,85	-	Tres cables en capa horizontal
	2	0,90	0,85	-	
Bandejas escalera, soporte, etc., cables en contacto (3)	1	1,00	0,95	0,95	Tres cables en capa horizontal
	2	0,95	0,90	0,90	
	3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas (3)	1	1,00	1,00	0,95	Tres cables dispuestos a tresbolillo (sep. entre circuitos ≥ 2 De) De = Ø ext. cable unipolar
	2	0,95	0,95	0,90	
	3	0,95	0,90	0,85	
Bandejas perforadas verticales (4)	1	1,00	0,90	0,90	
	2	1,00	0,90	0,85	
Bandejas escalera, soporte, etc. (3)	1	1,00	1,00	1,00	
	2	0,95	0,95	0,95	
	3	0,95	0,95	0,90	



NOTA 1: incluye, además, el conductor neutro, si existe.

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

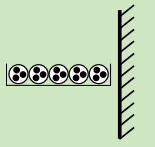
NOTA 3: los valores están indicados para una distancia vertical entre bandejas de 300 mm. Para distancias más pequeñas habrá que reducir los factores.

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

Tabla 15 de ITC-BT-07

Factor de corrección para agrupaciones de varios cables trifásicos (galerías subterráneas)

Tipo de instalación		Número de circuitos trifásicos (1)					
	Núm. de bandejas	1	2	3	4	5	6
Bandejas perforadas cables en contacto (2)	1	1,00	0,90	0,80	0,80	0,75	0,75
	2	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65
Bandejas perforadas cables espaciados (2)*	1	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90	-
	2	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
	3	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	-
Bandejas verticales perforadas cables en contacto (3)	1	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70
	2	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,70
Bandejas verticales perforadas cables espaciados 1 De (3)*	1	1,00	0,90	0,90	0,90	0,85	-
	2	1,00	0,90	0,90	0,85	0,85	-
Bandejas escalera, soportes, etc., cables en contacto (2)	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
	2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
	3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
Bandejas escalera, soportes, etc., cables espaciados 1 De (2)*	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
	2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-
	3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-



NOTA 1: incluye, además, el conductor neutro, si existiese.

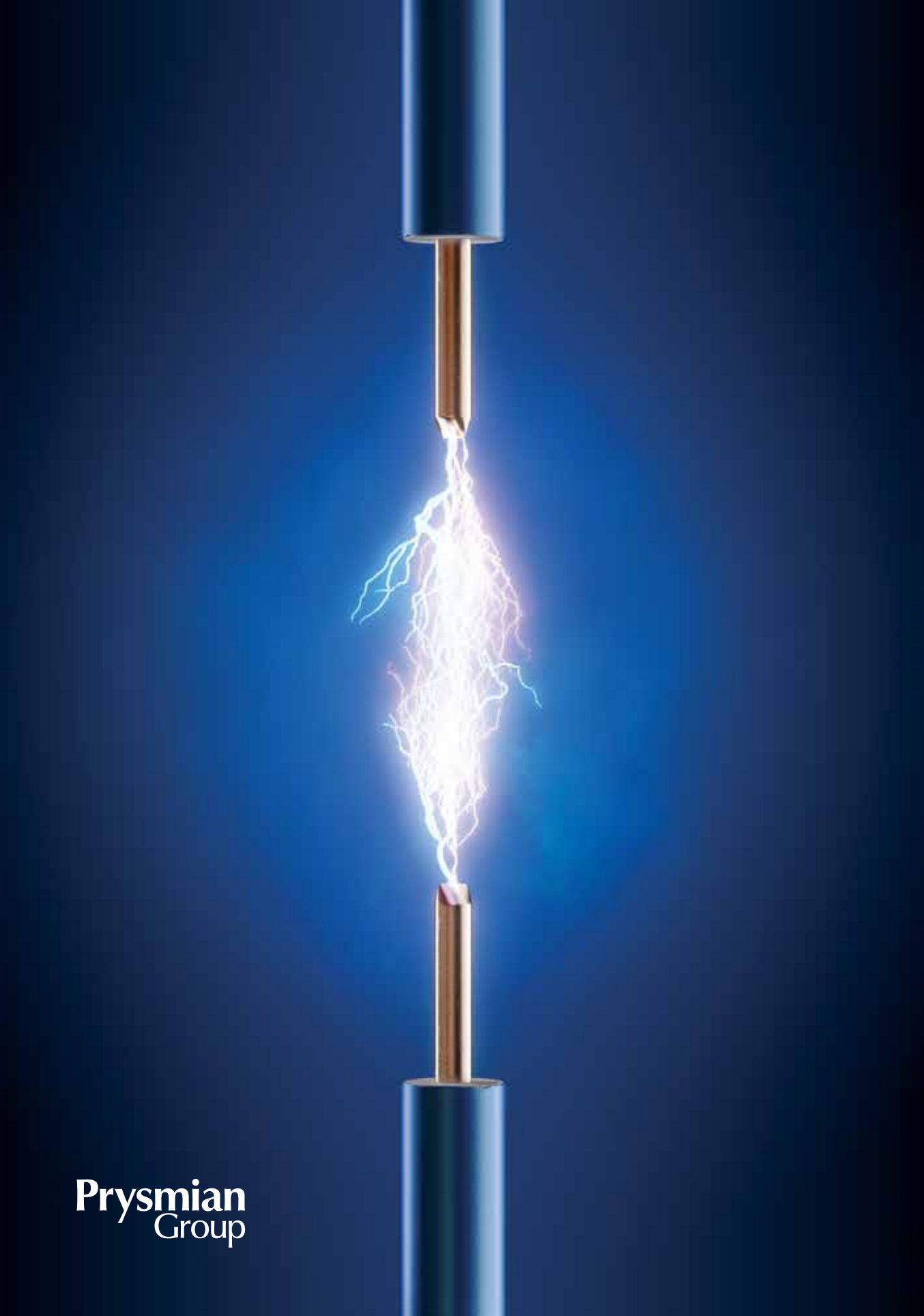
NOTA 2: los valores están indicados para una distancia verti- cal entre bandejas de 300 mm. Para distancias menores, se reducirán los factores de corrección.

NOTA 3: los valores están indicados para una distancia horizontal entre bandejas de 225 mm, estando las bandejas montadas dorso con dorso. Para distancias más pequeñas se reducirán los factores de corrección.

(*) Espaciado mayor o igual al diámetro exterior del cable.

NOTA 4: para caídas de tensión e intensidades de cortocircuito ver apartados 2.6 y 2.7.

Prysmian Group


Prysmian
Group

2.5. Cálculo de la intensidad de corriente

Para obtener las intensidades de corriente podemos aplicar las siguientes fórmulas:

Monofásica

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} \qquad I = \frac{S}{U}$$

Trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \qquad I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Donde:

I:	intensidad de corriente de línea en A.
P:	potencia activa en W.
U:	tensión fase neutro (monofásica) o entre fases (trifásica) en V.
$\cos\varphi$:	coseno del ángulo que forman el fasor intensidad y el fasor tensión de fase.
S:	potencia aparente en VA.

Para corriente contínua se puede aplicar la primera fórmula monofásica con $\cos\varphi = 1$

Una vez obtenida la intensidad de corriente, para obtener la sección de conductor necesaria para nuestra corriente, debemos considerar los coeficientes de corrección propios (agrupamiento de circuitos, temperatura ambiente...) y seguir la metodología explicada en el apartado 2.1. para instalaciones de enlace e instalaciones interiores o receptoras. Para redes de distribución y de alumbrado aéreas, apartado 2.2. y para redes de distribución y alumbrado subterráneas, apartados 2.3. o 2.4.

Para ilustrar el método de cálculo, hemos incluido varios ejemplos en el apartado 2.8. que recomendamos leer.

Prysmian
Group

2.6. Cálculo de la sección por caída de tensión

2.6.1. Formulario

Para calcular la sección de un cable por el criterio de la caída de tensión es conveniente tener en cuenta el efecto de la reactancia, cuya influencia es significativa, especialmente cuando el resultado es una sección elevada (por ejemplo S_{Cu} > 25 mm² para conductores de Cu y S_{Al} > 70 mm² para conductores de Al).

Se pueden considerar las siguientes fórmulas de cálculo de caída de tensión teniendo en cuenta el efecto de la reactancia:

Monofásica

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

Trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

Donde:

S: sección del conductor en mm².
cos ϕ: coseno del ángulo φ entre la tensión de fase y la intensidad.
L: longitud de la línea en metros.
I: intensidad de corriente en A.
γ: conductividad del conductor en m/(Ω · mm²).
ΔU: caída de tensión máxima admisible en V.
x: reactancia de la línea en Ω/km.
n: número de conductores por fase.

Si en nuestros cálculos pudiéramos despreciar el valor de la readtancia (x = 0) las expresiones se simplifican y quedan de la siguiente forma:

Monofásica (x = 0) ... en función de la potencia

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \qquad S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U}$$

Trifásica (x = 0) ... en función de la potencia

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U} \qquad S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U}$$

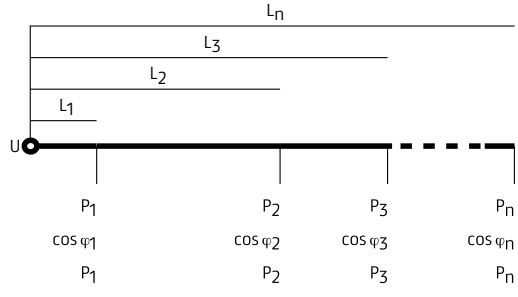
Donde:

P: potencia en W.
U: tensión de la línea en V.

Las expresiones últimas son prácticas cuando no se dispone del cos φ como ocurre en numerosas ocasiones.

NOTA: Ver al final de este apartado el proceso de obtención justificado de las fórmulas.

En el caso de líneas con receptores repartidos a diferentes distancias alimentados con cable de sección uniforme tenemos:



Monofásica

$$S = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^{n} L_i \cdot I_i \cdot \cos\varphi_i}{\gamma \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot \sum_{i=1}^{n} L_i \cdot I_i \cdot \operatorname{sen}\varphi_i)}$$

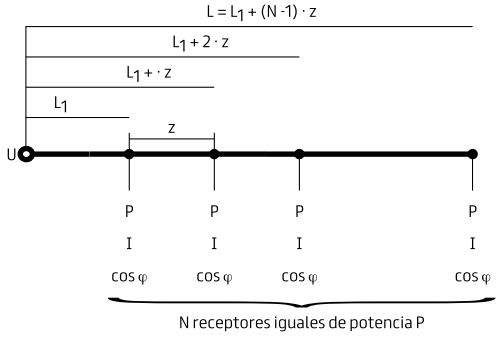
Trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^{n} L_i \cdot I_i \cdot \cos\varphi_i}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot \sum_{i=1}^{n} L_i \cdot I_i \cdot \operatorname{sen}\varphi_i)}$$

Donde:

- S: sección del conductor en mm².
- $\cos \varphi_i$: coseno del φ del receptor i.
- L_i: longitud de la línea en metros hasta el receptor i.
- I_i: intensidad de corriente en A del receptor i.
- γ: conductividad del conductor en m/(Ω · mm²).
- ΔU: caída de tensión máxima admisible en V (al final de la línea).
- x: reactancia de la línea en Ω/km.
- n: número de conductores por fase.

Y particularizando el caso anterior para N receptores iguales repartidos uniformemente (caso frecuente de líneas para iluminación):



Monofásica

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot N \cdot \left(\frac{L + L_1}{2}\right)}{\gamma \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi \cdot N \cdot \left(\frac{L + L_1}{2}\right))}$$

Trifásica

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot N \cdot \left(\frac{L + L_1}{2}\right)}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi \cdot N \cdot \left(\frac{L + L_1}{2}\right))}$$

Donde:

- S: sección del conductor en mm².
- I: intensidad de corriente en A.
- $\cos \varphi$: coseno del φ de los receptores (todos iguales).
- N: número de receptores (idénticos).
- L: longitud de la línea en metros.
- L_1: distancia a la que está situado el primer receptor en m.
- γ: conductividad del conductor en m/(Ω · mm²).
- ΔU: caída de tensión máxima admisible al final de la línea en V.
- x: reactancia de la línea en Ω/km.
- n: número de conductores por fase.

NOTA: *Ejemplos en apartado 2.16.*

Los valores de γ a considerar se encuentran en la tabla siguiente:

Tabla E.1

Material	Temperatura del conductor		
	20°C	Termoplásticos 70°C	Termoestables 90°C
Cobre	58,0	48,5	45,5
Aluminio	35,7	29,7	27,8

Los cables termoplásticos (ver apartado 2.13.3.) soportan 70 °C en régimen permanente y por tanto en ausencia de cálculo real de la temperatura del conductor debe considerarse la conductividad del conductor a 70 °C que como se puede ver es significativamente distinta de la que tenemos a 20 °C y que en muchas ocasiones se aplica por error, asignándole el valor de 56 m/(Ω · mm²).

Igualmente los cables termoestables (ver apartado J, punto 3), soportan hasta 90 °C en régimen permanente y, a esa temperatura, debemos considerar el conductor de nuestra instalación (γ = 45,5 para Cu, γ = 27,8 para Al). Se trata de considerar las condiciones más desfavorables salvo que se decida a calcular la temperatura a la que realmente se encuentra el conductor. No hay que olvidar que los conductores no permanecen a 20 °C en las instalaciones, pues, al margen de la temperatura ambiente en la que se encuentran, se calientan por efecto Joule y podríamos llegar a errores del 28 % si consideramos la conductividad (γ) a 20 °C.

Si quisiéramos obtener valores de la conductividad (γ) a cualquier temperatura (θ)...

$$\gamma_\theta = 1 / \rho_\theta$$

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

Donde:

ρ_θ: resistividad del conductor a la temperatura θ en $\Omega \cdot mm^2/m$.

ρ_{20}: resistividad del conductor a 20 °C en $\Omega \cdot mm^2/m$ (= 1/58 para Cu y 1/35,7 para Al).

α: coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C-1 (0,00393 para Cu y 0,00407 para Al).

Y para obtener θ...

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{máx} - \theta_0) \cdot (I / I_{máx})^2$$

Donde:

θ: temperatura real estimada en el conductor.

θ_0: temperatura ambiente del conductor sin carga.

$\theta_{máx}$ temperatura máxima admisible para el condutor según su tipo de aislamiento. (70 °C para aislamientos termoplásticos y 90 °C para aislamientos termoestables).

I: intensidad prevista para el conductor.

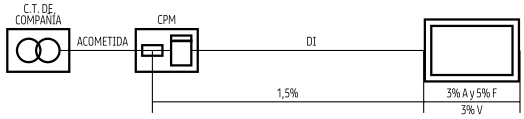
$I_{máx}$: intensidad máxima admisible para el conductor en las condiciones en que se encuentra instalado.

Se recomienda ver la procedencia del valor de conductividad en el apartado 2.13.2., y el ejemplo del apartado 2.14.7.

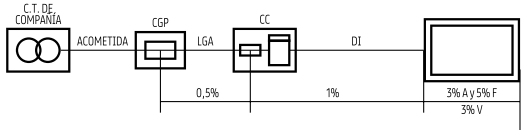
2.6.2. Caídas de tensión máximas admisibles en %, según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

Esquemas resumen de las caídas de tension admisibles en instalaciones de enlace e instalaciones interiores o receptoras según el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. (ITC-BT 19, apartado 2.2.2.).

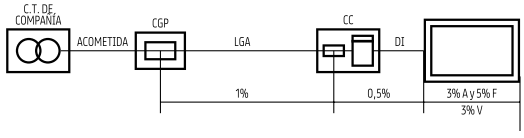
Esquema para un único usuario



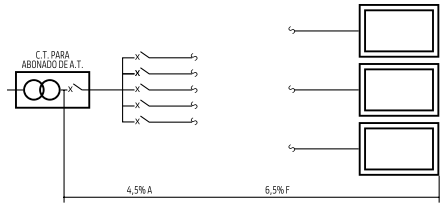
Esquema para una única centralización de contadores



Esquema cuando existen varias centralizaciones de contadores



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



Donde:

A: circuitos de alumbrado.

F: circuitos de fuerza.

V: circuitos interiores de viviendas.

CPM: caja de protección y medida.

CGP: caja general de protección.

CC: centralización de contadores.

LGA: línea general de alimentación.

DI: derivación individual.

Caída de tensión en instalaciones a muy baja tensión

"Para las instalaciones de alumbrado, la caída de tensión entre la fuente de energía y los puntos de utilización no será superior al 5%." (ITC-BT 36, pto.2.2., último párrafo).

Caída de tensión en instalaciones generadoras de baja tensión:

"...la caída de tensión entre el generador (inversor) y el punto de interconexión, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal." (ITC-BT 40 pto. 5).

NOTA: El punto de conexión del generador a la instalación eléctrica puede ser una red de distribución, una instalación de enlace o una instalación interior, y que por consiguiente puede coincidir o no, con el punto de conexión de la red de distribución.

Caídas de tensión en redes de distribución:

La caída de tensión admisible en las redes de distribución viene reflejada en el artículo 104 del Real Decreto que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización y autorización de instalaciones de energía eléctrica (R.D. 1955/2000) y en cuyo punto 3 podemos leer: "Los límites máximos de variación de la tensión de alimentación a los consumidores finales serán de ±7% de la tensión de alimentación declarada." Es decir la tensión a medir en el comienzo de la instalación de enlace caja general de protección, bases tripolares verticales, caja de protección y medida...) debe permanecer en los límites del ± 7%.
Por ejemplo para suministros monofásicos a 230 V la medida debe estar entre los valores de 213,9 V y 246,1 V y para suministros trifásicos a 400 V entre 372 y 428 V.
Se recomienda consultar especificaciones particulares de la empresa suministradora de electricidad que corresponda en cada caso.
Caída de tensión para puntos de recarga de vehículo eléctrico "la caída de tensión máxima admisible en cualquier circuito desde su origen hasta el punto de recarga no será superior al 5% (ITC-BT 52 pto. 5)".

2.6.3. Tablas de caídas de tensión

A continuación tenemos algunas tablas de cálculo rápido. Para determinar la caída de tensión, en V, se multiplicará el coeficiente de la tabla por la corriente que recorre el cable, en A, y por la longitud de la línea en km. Los valores de la tabla se refieren a c.a. trifásica; para corriente monofásica pueden tomarse los mismos valores resultantes, multiplicados por 1,15 ($\approx 2/\sqrt{3}$) .
Las tablas están calculadas considerando el efecto de las resistencias (UNE EN 60228) y de las reactancias con los conductores al tresbolillo.
Para cables termoestables (ver apartado 2.13.3.) y considerando su máxima temperatura de régimen permanente (Tmáx = 90 °C).

Tabla E.2
Coeficiente para el cálculo de la caída de tensión [V/(A·km)] para cables termoestables

Sección nominal mm²	Tres cables unipolares termoestables				Un cable multipolar termoestable			
	cos φ = 1	cos φ = 1	cos φ = 0,8	cos φ = 0,8	cos φ = 1	cos φ = 1	cos φ = 0,8	cos φ = 0,8
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
1,5	26,5	-	21,36	-	26,94	-	21,67	-
2,5	15,92	-	12,88	-	16,23	-	13,1	-
4	9,96	-	8,1	-	10,16	-	8,23	-
6	6,74	-	5,51	-	6,87	-	5,59	-
10	4	-	3,31	-	4,06	-	3,34	-
16	2,51	4,15	2,12	3,42	2,56	4,24	2,13	3,48
25	1,59	2,62	1,37	2,19	1,62	2,66	1,38	2,21
35	1,15	1,89	1,01	1,6	1,17	1,93	1,01	1,62
50	0,85	1,39	0,77	1,21	0,86	1,42	0,77	1,22
70	0,59	0,97	0,56	0,86	0,6	0,98	0,56	0,87
95	0,42	0,7	0,43	0,65	0,43	0,71	0,42	0,65
120	0,34	0,55	0,36	0,53	0,34	0,56	0,35	0,53
150	0,27	0,45	0,31	0,45	0,28	0,46	0,2	0,44
185	0,22	0,36	0,26	0,37	0,22	0,37	0,26	0,37
240	0,17	0,27	0,22	0,3	0,17	0,28	0,21	0,3
300	0,14	0,22	0,19	0,26	0,14	0,22	0,18	0,25
400	0,11	0,17	0,17	0,22	0,11	0,18	0,16	0,21

Para cables termoplásticos de Cu (ver apartado 2.13.3.) y considerando su máxima temperatura de régimen permanente (Tmáx = 70 °C).

Es infrecuente encontrar en el mercado cables termoplásticos de Al:

Tabla E.3

Coeficiente para el cálculo de la caída de tensión [V/(A·km)] para cables termoplásticos

S mm²	Caida de tensión en V/A km (Cables termoplásticos de cu, sistema trifásico)	
	cos φ = 0,8	cos φ = 1
0,5	59,787	74,604
0,75	40,725	50,772
1	30,107	37,509
1,5	20,194	25,075
2,5	12,395	15,356
4	7,747	9,553
6	5,205	9,383
10	3,125	3,792
16	1,991	2,383
25	1,288	1,507
35	0,952	1,086
50	0,728	0,802
70	0,529	0,555
95	0,403	0,400
120	0,335	0,317
150	0,288	0,257
185	0,246	0,205
240	0,206	0,156

2.6.4. Ejemplo de aplicación de los coeficientes

• 1. Línea trifásica de 150 m con cables unipolares de 1x240 Cu AFUMEX CLASS 1000 V (AS). Intensidad de corriente que recorre la línea, 428 A y cos φ = 0,8.

Los cables AFUMEX CLASS 1000 V (AS) son cables termoestables (90 °C) como dice en su ficha, por lo tanto ya sabemos que al tratarse de sistema trifásico con 3 cables unipolares el coeficiente a aplicar es 0,22 V/A·km en nuestro caso y la caída de tensión en la línea se calcula...

ΔU = 428 A X 0,15 km x 0,22 V/A·km = 14,124 V

• 2. Línea de corriente continua con longitud de 33 m realizada con cables AFUMEX CLASS 750 V (AS) de 1x6. Intensidad de corriente que recorre la línea, 27 A.

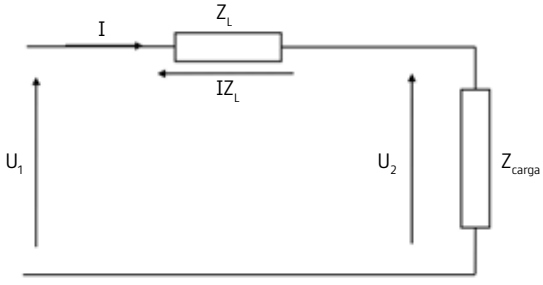
Los cables AFUMEX CLASS 750 V (AS) son de Cu y termoplásticos (70 °C). Por otro lado sabemos que para cálculos en corriente continua se procede igual que si fuera alterna monofásica de 50 o 60 Hz con cos φ = 1. Por tanto, ya tenemos nuestro coeficiente (6,383 V/A·km), y al tratarse de un cálculo como corriente monofásica debemos multiplicar además el valor obtenido de la tabla (válido para trifásica) por 1x15.

ΔU = 27 A X 0,033 km x 6,383 V/A·km x 1,15 = 6,54 V

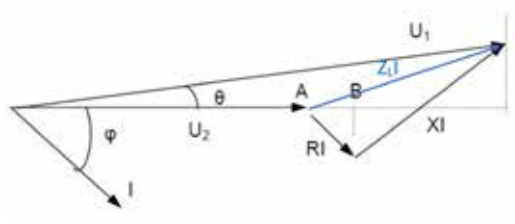
2.6.5. Cálculo de las fórmulas para obtener de la sección por caída de tensión (ejemplo de cálculo)

Partiendo del circuito básico de una línea de baja tensión obtendremos las expresiones para calcular la caída de tensión en todos los casos posibles.

Supongamos una línea eléctrica monofásica simple sometida a la tensión U_1 por la que circula la intensidad I y a cuya carga le llega una tensión U_2. La impedancia de la línea es Z_L y sabemos que está compuesta por resistencia (R) y reactancia inductiva (X). Por tanto, $Z_L = R + Xj$.



La GUIA-ANEXO-BT 2 sobre cálculo de caídas de tensión expone el siguiente diagrama fasorial que representa de forma gráfica la caída de tensión en la línea y ayuda a entender las expresiones para el cálculo de la caída de tensión (ΔU).



La propia GUIA-ANEXO-BT 2 nos recuerda que el ángulo θ es muy pequeño y por ello los fasores RI y XI se pueden entender muy similares en valor al de su proyección horizontal.

$$|\Delta\vec{U}| = |\vec{U_1} - \vec{U_2}| \approx AB + BC = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

Ahora expresamos R en función de la resistividad eléctrica (ρ), la longitud de la línea (L) y la sección del conductor (S), tenemos en cuenta que el conductor de la línea es de ida y vuelta:

$R = 2\rho \cdot L/S \rightarrow$ como la conductividad (ϒ) es inversa de la resistividad (ρ) $\rightarrow R = 2L/(\Upsilon \cdot S)$

X es la reactancia inductiva de la línea que también depende de su longitud ($X = x \cdot L$), siendo x el valor de la reactancia inductiva en Ω/km. Si el valor de la longitud se va a introducir en m, nos quedará:

$$X = 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L$$

Siendo n el número de conductores por fase. Para poder obtener la fórmula también cuando se emplea más de un conductor por fase.

$$\Delta U \approx 2L \cdot I \cdot \cos\varphi/(\Upsilon \cdot S) + 2 \times 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

Despejamos S para obtener la sección por caída de tensión en tendidos monofásicos:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L\, I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

(monofásica con reactancia)

Donde:

- S = sección del conductor en mm²
- cos ϕ = coseno del ángulo φ entre la tensión (de fase) y la intensidad
- L = longitud de la línea en m
- I = intensidad de corriente en A
- γ = conductividad del conductor en m/(Ω·mm²)
- ΔU = caída de tensión máxima admisible en V
- x = reactancia de la línea (0,08 Ω/km)
- n = número de conductores por fase

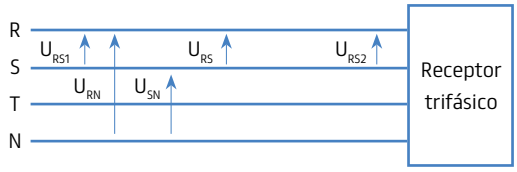
Obviamente si hablamos de una línea con tensión continua la fórmula se simplifica ($\cos\varphi = 1 \rightarrow \operatorname{sen}\varphi = 0$):

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Upsilon \cdot \Delta U}$$ **(Continua)**

El razonamiento es análogo para obtener la sección por caída de tensión en un sistema trifásico cambiando el 2 de la fórmula anterior por √3 ya que se calcula habitualmente la caída de tensión entre fases. Lo demostramos a continuación:

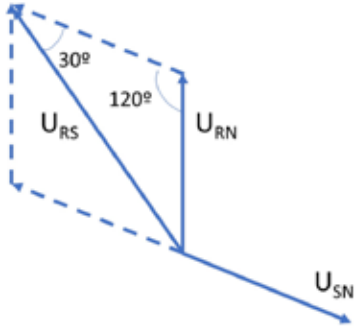
La caída de tensión entre las fases R y S será:

$$\vec{U}_{RS21} = \vec{U}_{RS1} - \vec{U}_{RS2}$$



Sabemos que la tensión de línea se puede expresar en función de tensiones de fase:

$$\vec{U}_{RS} = \vec{U}_{RN} - \vec{U}_{SN}$$



Aplicando el teorema del seno:

$$\frac{U_{RS}}{sen120} = \frac{U_{RN}}{sen30}$$

$$U_{RS} = U_{RN} \cdot \frac{sen120}{sen30} = U_{RN} \cdot \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}\,U_{RN}$$

Por tanto, el módulo de la tensión compuesta es √3 veces el valor del módulo de la tensión simple y la caída de tensión entre las fases R y S tendrá la siguiente forma siguiendo el mismo razonamiento que para el circuito monofásico:

$$|\vec{U}_{RS21}| = |\vec{U}_{RS1} - \vec{U}_{RS2}| \approx \sqrt{3}\,U_{RN1} - \sqrt{3}U_{RN2} =$$
$$= \sqrt{3}\cdot(U_{RN1} - U_{RN2}) \approx \sqrt{3}\cdot I\cdot(R\cdot\cos\varphi + X\cdot sen\varphi)$$

De ello obtenemos que la expresión para el cálculo de la caída de tensión en voltios es igual que para monofásica multiplicada por √3:

$$\Delta U = \sqrt{3}L\cdot I\cdot\cos\varphi/(\Upsilon\cdot S) + \sqrt{3}\times 10^{-3}\cdot x\cdot L\cdot I\cdot sen\varphi$$

Fórmula idéntica a la de caída de tensión monofásica pero en la que ha cambiado el 2 por √3.

Y con el mismo desarrollo que anteriormente llegamos a la fórmula para obtener la sección por caída de tensión en líneas trifásicas:

$$S = \frac{\sqrt{3}\cdot L\cdot I\cdot\cos\varphi}{\Upsilon\cdot(\Delta U - \sqrt{3}\cdot 10^{-3}\cdot x/n\cdot L\cdot I\cdot sen\varphi)}$$

(trifásica con reactancia)

La reactancia (x)

La reactancia (x) es un valor que se puede considerar constante e igual a 0,08 Ω/km independientemente de si el tendido es monofásico o trifásico, si el conductor es de cobre o aluminio, si la sección es grande o pequeña, etc.

Si los aislamientos o cubiertas de los conductores están en contacto, como en los siguientes ejemplos, x = 0,08 Ω/km es un valor aproximado bastante acertado.

x ≈ 0,08 Ω/km

El valor 0,08 Ω/km es un valor aceptado por la norma UNE-HD 60364-5-52 (= IEC 60364-5-52) en su anexo G. Asimismo la contempla la norma francesa NF C 15-100 en su punto 525. (Este valor está demostrado como válido con ejemplos en el siguiente artículo:

https://www.prysmianclub.es/como-se-obtienen-los-valores-de-reactancia-de-los-cables-ejemplo-de-calculo

Teniendo en cuenta que a medida que la sección de un conductor aumenta, su resistencia disminuye, el efecto de la reactancia está más presente en la caída de tensión. Por ello, en general habremos visto fórmulas más simples para el cálculo de la sección por caída de tensión que son iguales a las anteriormente expuestas con la reactancia igual a cero. Esto puede ser aceptable para cables de cobre hasta 35 mm² y cables de aluminio hasta 70 mm². Pero para secciones iguales o superiores lo correcto es no obviar el efecto de la reactancia y aplicar las fórmulas anteriores.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot \Delta U}$$

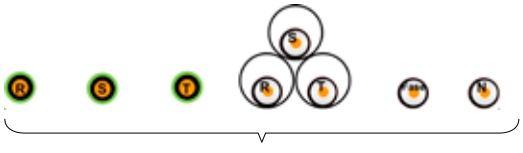
Monofásica sin reactancia.
S ≤ 35 mm²(Cu), S ≤ 70 mm² (Al)

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot \Delta U}$$

Trifásica sin reactancia.
S ≤ 35 mm²(Cu), S ≤ 70 mm² (Al)

También tenemos la opción de calcular la sección por caída de tensión en función de la potencia. Especialmente útil si no sabemos el cosφ.

Como se ha dicho anteriormente los aislamientos o cubiertas de los conductores han de estar en contacto, si tales aislamientos se separan el valor de la reactancia crece y por tanto también la caída de tensión. En los siguientes ejemplos no podríamos tomar como reactancia 0,08 Ω/km. Deberíamos calcular su valor con las fórmulas del mencionado artículo.



x ≠ 0,08 Ω/km

La reactancia (x) figura en la fórmula dividida por el número de conductores por fase (n) porque como sabemos cuándo se emplean varios conductores por fase su impedancia resultante es una asociación de impedancias iguales en paralelo.

$$\frac{1}{Z_T} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{Z_i} = \frac{n}{Z_f} \rightarrow Z_T = \frac{Z_f}{n} = \frac{R_f + X_f \cdot j}{n} = \frac{R_f}{n} + \frac{X_f}{n} j$$

Dónde Z_T es la impedancia total de la fase y Z_f la impedancia de cada conductor de la fase.

Lo anterior explica fácilmente el porqué x ($x_f = \frac{2x10^{-3} x \cdot l}{n}$ en monofásica) aparece dividido por n.

Y ¿por qué R no aparece dividido por n en la fórmula?

Realmente no aparece n relacionado con R pero la fórmula es coherente porque la sección es la sección total, suma de todas las secciones de los conductores de una fase.

Si tomamos el ejemplo monofásico:

$$\left|\overrightarrow{\Delta U}\right| = \left|\overrightarrow{U_1} - \overrightarrow{U_2}\right| \approx AB + BC = R \cdot I \cdot \cos\varphi + X \cdot I \cdot \text{sen}\varphi =$$
$$= 2L \cdot I \cdot \cos\varphi / (\Upsilon \cdot S) + 2 \times 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi$$

Como podemos ver la sección está en el denominador del primer término, el término relacionado con la resistencia. Y esa sección es igual que si pusiéramos S = s·n siendo s la sección del conductor de una fase y no la total de la fase.

Como para el caso de emplear más de un conductor por fase, hay que iterar dando valores a n, sustituir S por s·n es otra posibilidad de obtener la misma solución. La sección s obtenida es la de cada conductor de fase (o sección inmediata superior normalizada) y n el número de veces que hay que instalar la sección s en cada fase.

La fórmula quedaría como sigue para monofásica (y análogamente para trifásica). Podemos ver que es equivalente a la razonada anteriormente simplemente se ha sustituido S por s·n. Y de esta forma queda demostrado que la resistencia si está afectada por el número de conductores por fase:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot n \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi)}$$

La conductividad (γ)

El valor de la conductividad depende de la temperatura del conductor. En ausencia de datos concretos o de cálculo de la misma se debe utilizar el valor más desfavorable posible por seguridad. Tal valor coincide con el de máxima temperatura del conductor:

	Temperatura del conductor		
	20°C	Termoplásticos 70°C	Termoestables 90°C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	21,8

NOTA: Los valores de la tabla están calculados siguiendo las normas UNE 20003 y UNE 21096 que recogen las características del cobre y el aluminio destinado a usos eléctricos. El anexo G de la norma UNE-HD60364-5-52 ofrece valores muy similares (44,4 m/(Ω·mm²) (Cu) y 27,78 m/(Ω·mm²) (Al) a 90 °C). Ver artículo de cálculo de conductividades: https://www.prysmianclub.es/calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/

Los cables termoplásticos soportan una temperatura máxima en régimen permanente de 70 °C en su conductor y los termoestables 90 °C. Ver lista de cables termoestables y termoplásticos en la página 53.

Si queremos saber la temperatura real máxima a la que va a estar el conductor en la canalización para averiguar la conductividad aplicaremos primeramente la fórmula que relaciona la intensidad del cable con la temperatura y después la que nos proporciona la resistividad eléctrica, que es inversa de la conductividad eléctrica, en función de la temperatura.

Sabemos por la ley de Ohm térmica que diferencia de temperatura entre un cuerpo y el ambiente es igual al producto de la potencia calorífica que el cuerpo emana a ese ambiente multiplicado por la resistencia térmica del ambiente.

$$\Delta\theta = P_Q \cdot R_T$$

Y por otro lado sabemos que la potencia en forma de calor que disipa un conductor eléctrico de resistencia eléctrica R_E atravesado por una intensidad de corriente I tiene la siguiente expresión (efecto Joule):

$$P_R = R_E \cdot I^2$$

Sabiendo que la energía generada por efecto Joule es igual a la transmitida al ambiente tendremos que:

$$P_R = P_Q \rightarrow$$

$$R_E \cdot I^2 = \frac{\Delta\theta}{R_T} \rightarrow \Delta\theta = R_T \cdot R_E \cdot I^2$$

Consideremos $I_{máx}$ como la máxima corriente que puede soportar el conductor en las condiciones de instalación en que está. A esta intensidad de corriente es evidente que el conductor funcionará a su temperatura máxima $\theta_{máx}$

Por tanto:

θ_0: temperatura ambiente
$I_{máx}$: intensidad máxima admisible para el conductor en las condiciones en que se encuentra instalado (considerando los coeficientes de corrección que le sean de aplicación)
$\theta_{máx}$: máxima temperatura admisible en el conductor. Se alcanza a la intensidad Imáx.
I: intensidad que circula por el conductor
θ: temperatura del conductor cuando circula la intensidad I

$$\theta - \theta_0 = R_E \cdot R_T \cdot I^2$$
$$\theta_{máx} - \theta_0 = R_E \cdot R_T \cdot I_{max}^2$$

Si dividimos una expresión por otra

$$\frac{\theta - \theta_0}{\theta_{máx} - \theta_0} = \frac{R_E \cdot R_T \cdot I^2}{R_E \cdot R_T \cdot I_{max}^2} \rightarrow \frac{\theta - \theta_0}{\theta_{máx} - \theta_0} = \frac{I^2}{I_{max}^2} \rightarrow$$

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{máx} - \theta_0) \cdot \left[\frac{I}{I_{max}}\right]^2$$ **(Temperatura conductor)**

Una vez tenemos la temperatura la introducimos en la fórmula de la resistividad correspondiente para cobre o aluminio y obtendremos el valor de la resistividad a la temperatura real del conductor. Su inversa será la conductividad que ya podemos sustituir en la fórmula correspondiente de obtención de la sección por caída de tensión.

$\rho Cu\theta = 1/58 \times (1 + 0{,}00393 \times (\theta - 20))$ (UNE 20003 e IEC 28)
(resistividad eléctrica de conductor de cobre)

$\rho Al\theta = 0{,}028 \times (1 + 0{,}00407 \times (\theta - 20))$ (UNE 21096 e IEC 121)
(resistividad eléctrica de conductor de aluminio)

1/58 valor de resistividad del cobre a
$\theta 0 = 20\ ^{o}C$ en $\Omega \cdot mm^2/m$

0,028 valor de resistividad del aluminio a
$\theta_0 = 20\ ^{o}C$ en $\Omega \cdot mm^2/m$

$\Upsilon = 1/\rho$

Ejemplo de cálculo

Obtener la sección mínima necesaria para una línea de las siguientes características:

U = 400 V (trifásica)
I = 280 A
L = 390 m
$\cos\varphi = 0,9$
Cable Al Voltalene Flamex CPRO (S)
Sistema de instalación: enterrado bajo tubo
Máxima caída de tensión admisible: ΔU = 5 %

Calculamos la sección por el criterio de la intensidad admisible:

La tabla C.52.2 bis de la norma UNE-HD 60364-5-52 contiene las intensidades admisibles para cables enterrados directamente o bajo tubo.

El cable Al Voltalene Flamex CPRO (S) tiene conductor de aluminio y aislamiento termoestable (→ XLPE), por tanto buscamos conductor de aluminio y XLPE3 observando que la menor sección que soporta la intensidad de 280 A es 300 mm² con un máximo de 295 A.

Por el criterio de la intensidad admisible la sección solución es 300 mm².

Ahora vamos a calcular la sección mínima admisible por caída de tensión.

Empleamos la fórmula para alterna monofásica con influencia de la reactancia pues la sección será presumiblemente mayor que 70 mm² y en cualquier caso siempre es una fórmula válida.

Tomamos inicial el valor más desfavorable para la conductividad, es decir, el valor a máxima temperatura posible en el conductor (90 °C) → 27,8 m/Ω·mm² y suponemos que la línea tendrá un solo conductor por fase (n = 1).

La caída de tensión en voltios es ΔU = 5x400/100 = 20 V.

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 390 \times 280 \times 0,9}{27,8 \times (20 - \sqrt{3} \times 10^{-3} \times 0,08 / 1 \times 390 \times 280 \times 0,436)} =$$

$$= 457\ mm^2$$

La sección de stock más elevada del cable Al Voltalene Flamex CPRO (S) es 1x400 mm² por tanto deberemos pensar en emplear 2 conductores por fase (n = 2).

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 390 \times 280 \times 0,9}{27,8 \times (20 - \sqrt{3} \times 10^{-3} \times 0,08 / 2 \times 390 \times 280 \times 0,436)} =$$

$$= 367\ mm^2$$

Tabla C.52.2 bis

*Métodos D1/D2	Sección mm²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC 2	20	17	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	254	296	342	387
	PVC 3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE 2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE 3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE 2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	348
	XLPE 3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

En este caso debemos dividir la solución por 2 dado que partimos de la suposición n=2 →

367/2 = 183,5 → se deberán emplear 2 conductores de 1x185 mm² por fase que será la sección solución al ser superior a la del criterio de la intensidad admisible.

Ahora podemos afinar el cálculo obteniendo la conductividad del aluminio a la temperatura de funcionamiento de los conductores.

Recordamos la fórmula para calcular la temperatura de conductor:

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{máx} - \theta_0) \cdot \left[\frac{I}{I_{max}}\right]^2$$

En nuestro caso la temperatura ambiente (θ_0) será la estándar de España para tendidos subterráneos (25 °C)

La temperatura máxima del conductor al ser cable termoestable es $\theta_{máx}$ = 90 °C.

I es la intensidad de funcionamiento de la línea: 280 A

$I_{máx}$ es el valor máximo de la intensidad que puede transportar la línea en las condiciones de instalación.

En nuestro caso tenemos dos ternas de cables de 1x185 mm² enterradas bajo tubo en contacto.

En la tabla B.12.19 de UNE-HD 60364-5-52 encontramos el factor de corrección por agrupamiento (0,85). Aunque se trate de un solo circuito, como son dos ternas influyéndose térmicamente hay que tener en cuenta siempre el correspondiente coeficiente de corrección por agrupamiento.

Tabla B.52.19. A-Cables multiconductores en conductos enterrados (tipo D1) o cables unipolares en un solo conducto:

Número de cables multicolores o de grupos de 2 o 3 cables unipolares (un circuito por conducto)	Distancia entre conductos			
	Núla (tubos en contacto)	0,25 m	0,50 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

Si observamos la tabla de intensidades admisibles reproducida anteriormente vemos que el cable de 1x185 mm² de aluminio soporta 226 A:

$$I_{máx} = 2x0,85x226 = 384\ A$$

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{máx} - \theta_0) \cdot \left[\frac{I}{I_{max}}\right]^2 = 25 + (90 - 25)\ x \left[\frac{280}{384}\right]^2 = 59,6°C$$

Ahora ya podemos calcular la resistividad eléctrica:

$\rho_{Al\theta} = 0,028\ x\ (1 + 0,00407\ x\ (\theta-20)) =$
$0,028\ x\ (1+0,00407x(59,6-20)) = 0,0325\ \Omega \cdot mm^2/m$

$\Upsilon_{Al_59,6\ °C} = 1/0,0325 = 30,77\ m/(\Omega \cdot mm^2)$

Ahora lo sustituimos en la fórmula para ver si la sección sigue siendo la misma o inferior:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot sen\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3}\ x\ 390\ x\ 280\ x\ 0,9}{30,77\ x\ (20 - \sqrt{3}\ x\ 10^{-3}\ x\ 0,08\ /\ 2\ x\ 390\ x\ 280\ x\ 0,436)} =$$

$$= 331\ mm^2$$

Vemos que no se rebajaría la sección de los conductores a instalar puesto que 331/2 = 165,5 y la sección inmediata superior normalizada sigue siendo 185 mm². Si hubiéramos supuesto un solo conductor por fase también superamos el valor de la sección máxima en stock (1x400 mm²) dejamos al lector su comprobación.

Sin embargo, si hubiéramos escogido un valor muy común de conductividad como es el de Υ = 35 Ω·mm²/m hubiéramos obtenido una sección inferior como solución. Esto nos llevaría a la instalación de 1 conductor de 1x400 mm² por fase que en realidad supera el 5 % de caída de tensión máxima admisible pues ya hemos visto que ajustando al valor de conductividad a la temperatura del conductor (valor mínimo admisible) la sección habría de ser 2x(1x185 mm²).

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \text{ x } 390 \text{ x } 280 \text{ x } 0{,}9}{35 \text{ x } (20 - \sqrt{3} \text{ x } 10^{-3} \text{ x } 0{,}08 \text{ / } 2 \text{ x } 390 \text{ x } 280 \text{ x } 0{,}436)} =$$

$$= 291 \text{ mm}^2$$

Probemos con un solo cable por fase (n=1):

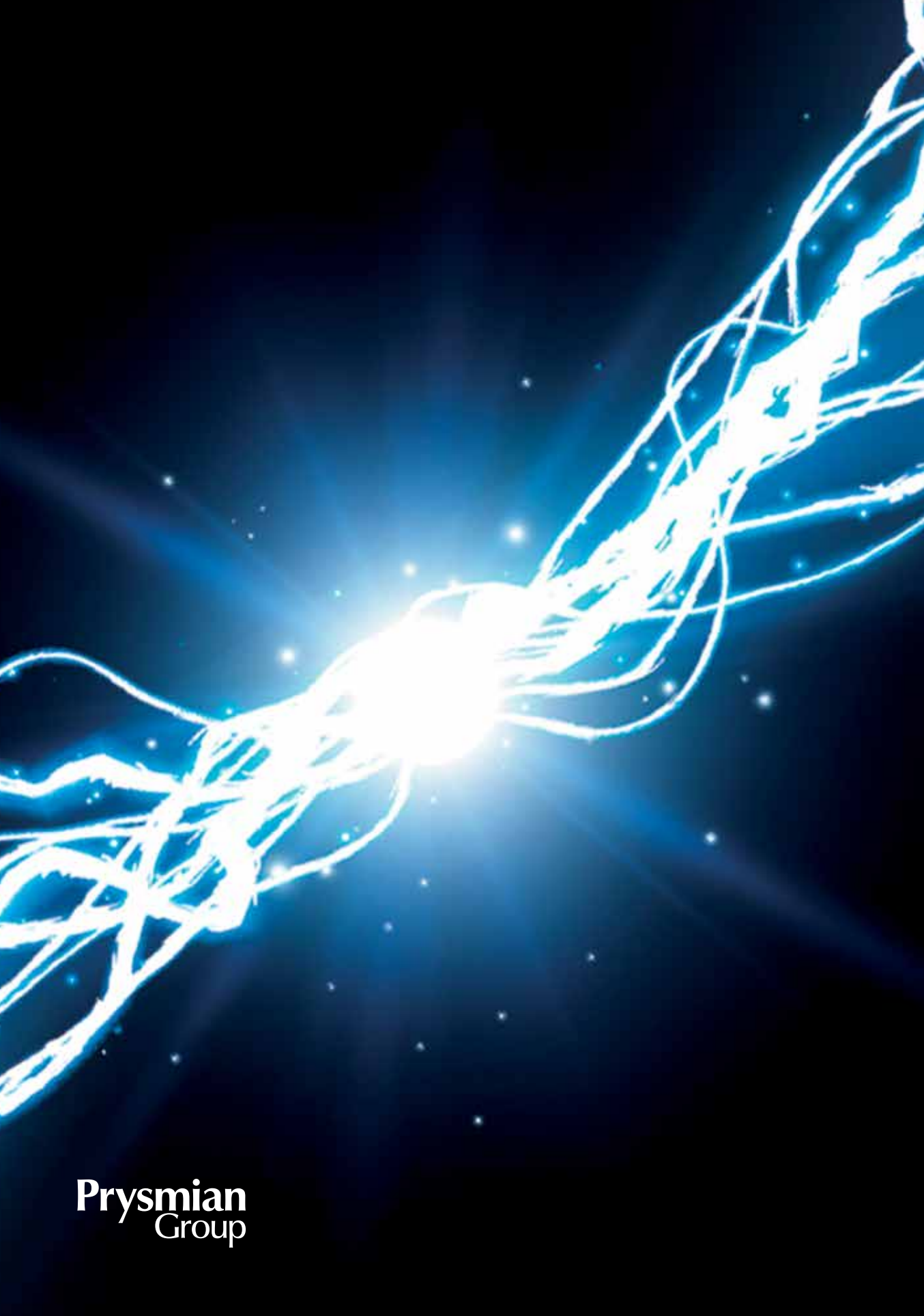
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \text{ x } 390 \text{ x } 280 \text{ x } 0{,}9}{35 \text{ x } (20 - \sqrt{3} \text{ x } 10^{-3} \text{ x } 0{,}08 \text{ / } 1 \text{ x } 390 \text{ x } 280 \text{ x } 0{,}436)} =$$

$$= 363 \text{ mm}^2$$

El resultado sería un cable por fase de 1x400 mm² pero ya sabemos con seguridad que la conductividad del aluminio no va a ser 35 m/Ω·mm², que es un valor muy próximo al de 20 ºC.

Prysmian Group


Prysmian
Group

2.7. Intensidades máximas de cortocircuito

Siguiendo la norma UNE-HD 60364-4-43 (tabla 43A) podemos calcular la corriente máxima de cortocircuito que puede soportar un cable según la fórmula siguiente:

$$Icc = k \cdot S/\sqrt{t}$$

En la que:

Icc: corriente de cortocircuito en amperios.

k: constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento (termoplástico [PVC o poliolefinas Z1] o termoestable [XLPE, EPR, poliolefinas o silicona]).

S: Sección del conductor en mm^2.

t: la duración del cortocircuito en segundos (mínimo 0,1 segundos, máximo 5 segundos).

Ver al final de este apartado el proceso de obtención justificado de la fórmula y los valores de k. Aplicando valores a la fórmula se obtienen las siguientes tablas:

Tabla F.1

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de Cu con aislamiento termoplástico (tipo PVC o poliolefinas Z1), máximo 160 °C en cortocircuito. (Icc = 115 · S/√t)

Sección nominal mm^2	Duración del cortocitcuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	182	129	105	81	58	47	41	36	33
0,75	273	193	157	122	86	70	61	55	50
1	364	257	210	163	115	94	81	73	66
1,5	545	386	315	244	173	141	122	109	100
2,5	909	643	525	407	288	235	203	182	166
4	1 455	1 029	840	651	460	376	325	291	266
6	2 182	1 543	1 260	976	690	563	488	436	398
10	5 637	2 571	2 100	1 626	1 150	939	813	727	664
16	5 819	4 114	3 359	2 602	1 840	1 502	1 301	1 164	1 062
25	9 092	6 429	5 249	4 066	2 875	2 347	2 033	1 818	1 660
35	12 728	9 000	7 349	5 692	4 025	3 286	2 846	2 546	2 324
50	18 183	12 757	10 498	8 132	5 750	4 695	4 066	3 637	3 320
70	25 456	18 000	14 697	11 384	8 050	6 573	5 692	5 091	4 648
95	34 548	24 429	19 946	15 450	10 925	8 920	7 725	6 910	6 308
120	43 639	30 858	25 195	19 516	13 800	11 268	9 758	8 728	7 967
150	54 549	38 572	31 494	24 395	17 250	14 085	12 198	10 910	9 959
185	67 277	47 572	38 843	30 087	21 275	17 371	15 044	13 455	12 283
240	87 279	61 715	50 390	39 032	27 600	22 535	19 516	17 456	15 935
300	109 099	77 144	62 988	48 790	34 500	28 169	24 395	21 820	19 919

Tabla F.2

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de Cu con aislamiento termoestable (tipo XLPE, EPR o poliolefinas Z o silicona), máximo 250 °C en cortocircuito. (Icc = 143 · S/√t)

Sección nominal mm²	Duración del cortocitcuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124
2,5	1131	799	653	506	358	292	253	226	206
4	1 809	1 279	1 044	809	572	467	404	362	330
6	2 713	1 919	1 566	1 213	858	701	607	543	495
10	4 522	3 198	2 611	2 022	1 430	1 168	1 011	904	826
16	7 235	5 116	4 177	3 236	2 288	1 868	1 618	1 447	1 321
25	11 305	7 994	6 527	5 056	3 575	2 919	2 528	2 261	2 064
35	15 827	11.192	9 138	7 078	5 005	4 087	3 539	3 165	2 890
50	22 610	15.988	13 054	10 112	7 150	5 838	5 056	4 522	4 128
70	31 654	22.383	18 276	14 156	10 010	8 173	7 078	6 331	5 779
95	42 960	30.377	24 803	19 212	13 585	11 092	9 606	8 592	7.843
120	54 265	38371	31 330	24 268	17 160	14 011	12 134	10 853	9.907
150	67 831	47 964	39 162	30 335	21 450	17 514	15 167	13 566	12.384
185	83 658	59 155	48 300	37 413	26 455	21 600	18 707	16 732	15.274
240	108 529	76 742	62 659	48536	34 320	28 022	24 268	21 706	19.815
300	135 662	95 927	78 324	60 670	42 900	35 028	30 335	27 132	24.768

Tabla F.3

Intensidad de cortocircuito admisible (A) para conductores de Al con aislamiento termoestable (tipo XLPE, EPR o poliolefinas Z o silicona), máximo 250 °C en cortocircuito. (Icc = 94 · S/√t)

Sección nominal mm²	Duración del cortocitcuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
16	4 756	3 363	2 746	2 127	1 504	1 228	1 063	951	868
25	7 413	5 255	4 290	3 323	2 350	1 919	1 662	1 486	1 357
35	10 404	7 357	6 007	4 653	3 290	2 686	2 326	2 081	1 899
50	14 863	10 510	8 581	6 647	4 700	3 838	3 323	2 973	2 714
70	20 808	14 713	12 013	9 306	6 580	5 373	4 653	4 162	3 799
95	28 239	19 968	16 304	12 629	8 930	7 291	6 314	5 648	5 156
120	35 670	25 223	20 594	15 952	11 280	9 210	7 976	7 134	6 513
150	44 588	31 529	25 743	19 940	14 100	11 513	9 970	8 918	8 141
185	54 992	38 885	31 750	24 593	17 390	14 199	12 287	10 998	10 040
240	71 341	50 446	41 189	31 905	22 560	18 240	15 952	14 268	13 025
300	89 176	63 057	51 486	39 881	28 200	23 025	19 940	17 835	16 281

2.7.1. Cálculo de la fórmula para obtención de sección por cortocircuito

En varios documentos tenemos la fórmula para el cálculo de la sección de conductor que pueda soportar un cortocircuito determinado. Analizamos ahora paso a paso de dónde vienen esas fórmulas.

Considerando un cortocircuito adiabático en el que todo el calor se emplea a aumentar la temperatura del conductor podemos igualar el calor generado por efecto Joule con el calor empleado en el aumento de temperatura del conductor:

$$dQ_J = R \cdot I^2 \cdot dt$$

(calor generado por efecto Joule)

Donde:

R: Resistencia del conductor [Ω]
I: intensidad del corriente de cortocircuito [A]
t: tiempo [s]

$$dQ_T = c \cdot \Upsilon \cdot S \cdot L \cdot dT$$

(calor empleado en elevar la temperatura del conductor)

c: calor específico del conductor [J/(kg·°C)]
ϒ: densidad del conductor [kg/mm³]
S: sección del conductor [mm²]
L: longitud del conductor [m]
T: temperatura [°C]

$$dQ_J = dQ_T$$

$$R \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \Upsilon \cdot S \cdot L \cdot dT$$

Ponemos la resistencia en función de la resistividad (ρ_T), la longitud y la sección del conductor:

$$\frac{\rho_T \cdot L}{S} \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \Upsilon \cdot S \cdot L \cdot dT \rightarrow \frac{\rho_T}{S} \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \Upsilon \cdot S \cdot dT$$

Sustituimos la resistividad a la temperatura T por su expresión a 0 °C según la fórmula del pto. 5.32 de la UNE 20003 (IEC 28):

$$\rho_T = \rho_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot (T - 0)) \rightarrow$$

$$\frac{\rho_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot T)}{S} \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \Upsilon \cdot S \cdot L \cdot dT \rightarrow$$

$$I^2 \cdot T_f = \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0} \cdot \frac{dT}{(1 + \alpha_0 \cdot T)}$$

Suponemos
temperatura T_i en t = 0 y temperatura T_f en $t = t_f$ e integramos:

$$\int_0^{t_f} I^2 \cdot dt = \int_{T_i}^{T_f} \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0} \cdot \frac{dT}{(1 + \alpha_0 \cdot T)}$$

Teniendo en cuenta que I^2 y $\frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0}$ son constantes:

$$I^2 \cdot t_f = \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0 \cdot \alpha_0} \cdot (ln\,(1+\alpha_0 \cdot T_f) - ln\,(1+\alpha_0 \cdot T_i) = \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0 \cdot \alpha_0} \cdot ln \left(\frac{1+\alpha_0 \cdot T_f}{1+\alpha_0 \cdot T_i} \right)$$

Dividiendo por α_0 en el numerador y denominador de la fracción del logaritmo neperiano tenemos:

$$I^2 \cdot t_f = \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2}{\rho_0 \cdot \alpha_0} \cdot ln \left(\frac{\frac{1}{\alpha_0} + T_f}{\frac{1}{\alpha_0} + T_i} \right)$$

α_0 es el coeficiente de variación de la resistencia del cobre con la temperatura, a 0 °C. Si llamamos β a su inversa ($\beta = 1/\alpha_0$)...

$$I^2 \cdot t_f = \frac{c \cdot \Upsilon \cdot S^2 \cdot \beta}{\rho_0} \cdot ln \left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i} \right)$$

Si llamamos K al valor de la densidad de corriente de cortocircuito que se produce en un segundo (t_f = 1 s) cuando el conductor incrementa su temperatura desde la máxima en régimen permanente (T_{mrp}) hasta la máxima en cortocircuito ($T_f = T_{cc}$) tenemos:

$$K = \frac{I}{S} = \sqrt{\frac{c \cdot \Upsilon \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{ln \frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}}$$

Por tanto:

$$\sqrt{\frac{c \cdot \Upsilon \cdot \beta}{\rho_0}} = \frac{K}{\sqrt{ln \frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}}}$$

Sustituyendo en la expresión general:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}} \sqrt{\frac{ln \frac{T_f + \beta}{T_i + \beta}}{ln \frac{T_{cc} + \beta}{T_{mrp} + \beta}}}$$

Lo habitual es querer saber la máxima corriente de cortocircuito, que se produce cuando T_f es igual a T_{cc}. Y sustituyendo tendremos la fórmula de cálculo general de cortocircuito máximo que podemos encontrar en el apartado 6.2. de la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT).

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}} \sqrt{\frac{ln \frac{T_{cc} + \beta}{T_i + \beta}}{ln \frac{T_{cc} + \beta}{T_{mrp} + \beta}}}$$

No olvidar que el calentamiento adiabático no supera los 5 segundos y que el cortocircuito se considera estabilizado en 0,1 s, por ello el dominio de la función anterior ha de ser para tiempo (t) entre 0,1 y 5 segundos.

Fácilmente vemos que se obtiene la fórmula simplificada cuando suponemos que el cortocircuito se inicia a la máxima temperatura en régimen permanente del conductor ($T_i = T_{mrp}$):

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}}$$

Podemos comprobar que como es lógico el valor de la intensidad de cortocircuito I será mayor si cuando se produce el cortocircuito el conductor no está funcionando a su máxima temperatura de régimen permanente. De ahí que los valores obtenidos por la fórmula anterior siempre son los más pesimistas.

Nos queda obtener los valores de K para poder aplicar la fórmula del cortocircuito ya sea simplificada o en su expresión completa.

Recuperamos la expresión anterior:

$$\sqrt{\frac{c \cdot \Upsilon \cdot \beta}{\rho_0}} = \frac{K}{\sqrt{ln \frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}}}$$

$$K = \sqrt{\frac{c \cdot \Upsilon \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{ln \frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}}$$

Necesitamos los valores de c, Υ, β y α_0 que podemos extraer o calcular a partir de la tabla expuesta a continuación cuyo contenido pertenece al anexo A de la norma UNE-HD 60364-5-54 (Puesta a tierra y conductores de protección). Esta norma es la actualizada de la UNE 20460-5-54 que figura en el punto 3.4. de la ITC-BT 18 del REBT. El anexo para obtención de K viene referenciado en la nota 4 de la tabla 43A de la norma UNE-HD 60364-4-43 (Protección contra las sobreintensidades). Esta norma es igualmente la actualizada de la UNE 20460-4-43 que figura en los puntos 1.1 y 1.2 de la ITC-BT 22 del REBT.

Material	β (°C)	Q_c (J/(°C·mm³))	ρ_{20} (Ω·mm)
Cobre	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$
Aluminio	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$
Plomo	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}
Acero	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}

Donde:

β: inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0 °C del conductor

Q_c: es la capacidad volumétrica del calor del material conductor a 20 °C

ρ_{20}: es la resistividad eléctrica del material conductor a 20 °C, coincidente con el valor que figura en UNE 20003 (IEC 28).

Fácilmente podemos ver que Q_c equivale a $c \cdot \Upsilon$ de nuestra fórmula de cálculo. Y que podemos obtener ρ_0 a partir de ρ_{20} y de β.

Como sabemos de la norma UNE 20003 (IEC 28) (Cobre-tipo recocido e industrial, para aplicaciones eléctricas) en su punto 5.32:

$$\rho_T = \rho_0 \cdot (1 + \rho_0 \cdot (T-0))$$

y como sabemos que $\alpha_0 = 1/\beta$, para T = 20 °C:

$$\rho_0 = \frac{\rho_{20}}{(1 + \frac{1}{\beta} \cdot 20)} = \frac{17,24 \times 10^{-6}}{(1 + \frac{20}{234,5})} = 1,5886 \times 10^{-5}\ \Omega \cdot mm$$

Y así si por ejemplo queremos conocer K para un cable tipo **Afumex Class 1000 V (AS)** con conductor de cobre y aislamiento termoestable de XLPE (90 °C de temperatura máxima en régimen permanente y 250 °C temperatura máxima de cortocircuito) sólo tenemos que aplicar los valores correspondientes:

$$K_{Cu+XLPE} = \sqrt{\frac{c \cdot \Upsilon \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{ln \frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}} =$$

$$\sqrt{\frac{3,45 \times 10^{-3} \times 234,5}{1,5886 \times 10^{-5}}} \cdot \sqrt{ln \frac{234,5 + 250}{234,5 + 90}} = 142,87 \approx 143\ \frac{A \cdot s^{1/2}}{mm^2}$$

Valor que coincide con el de la tabla 43A de UNE-HD 60364-4-43.

Si se tratará de cable de cobre con aislamiento termoplástico (70 °C máxima temperatura en régimen permanente y 160 °C máxima en cortocircuito) como el **Afumex Class 750 V (AS)** K resulta 115 $A \cdot s^{1/2}/mm^2$.

Si fuera cable de aluminio tipo AL Afumex Class (AS) (90 °C en régimen permanente y 250 °C en cortocircuito). Calculando ρ_0 y sustituyendo valores tenemos que K es 94 A·s½/mm². Valor que lógicamente es idéntico para cables de MT con conductor de aluminio y aislamiento de XLPE como **Al Voltalene H**.

Y si se tratará de cable tipo **Al Eprotenax H Compact** de media tensión, se hacen los mismos cálculos teniendo en cuenta que la temperatura máxima en régimen permanente ahora es de 105 °C y en cortocircuito sigue siendo de 250 °C. Lo que nos resulta K = 135 A·s½/mm².

En el anexo A de la citada norma UNE-HD 60364-5-54 vemos que K tiene una expresión diferente, si bien obtendremos los mismos resultados como es obvio.

La fórmula en cuestión es como sigue:

$$K = \sqrt{\frac{Q_c \cdot (\beta + 20)}{\rho_{20}}} \cdot \sqrt{ln\left(1 + \frac{T_{cc} - T_{mrp}}{\beta + T_{mrp}}\right)}$$

Recordemos la obtenida con nuestros cálculos

$$K = \sqrt{\frac{c \cdot Y \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{ln\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}}$$

Son los mismos factores. Lo comprobamos:

$$\sqrt{\frac{Q_c \cdot (\beta + 20)}{\rho_{20}}} = \sqrt{ln\frac{c \cdot Y \cdot (\beta + 20)}{\rho_{20}}}$$

$$\rho_{20} = \rho_0 (1 + \alpha_0 \times 20) = \rho_0 \cdot \left(1 + \frac{20}{\beta}\right) = \rho_0 \cdot \left(\frac{\beta + 20}{\beta}\right) \rightarrow \frac{\beta}{\rho_0} = \frac{\beta + 20}{\rho_{20}}$$

Con lo que se demuestra el primer factor es equivalente.

Tomamos el segundo factor de la primera expresión y comprobamos la igualdad:

$$\sqrt{ln\left(1 + \frac{T_{cc} - T_{mrp}}{\beta + T_{mrp}}\right)} = \sqrt{ln\left(\frac{\beta + T_{mrp}}{\beta + T_{mrp}} + \frac{T_{cc} - T_{mrp}}{\beta + T_{mrp}}\right)} = \sqrt{ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}\right)}$$

A continuación, se recogen los valores de K para los casos más frecuentes. Válidos para BT y MT.

Material del conductor	Aislamiento	Tmáx. régimen permanente (°C)	Tmáx. cortocircuito (°C)	K ($A \cdot s^{1/2}/mm^2$)
Cobre	XLPE	90	250	143
	EPR	90	250	143
	Poliolefinas Z	90	250	143
	PVC	70	160	115 ($S \leq 300\ mm^2$) / 103 ($S > 300\ mm^2$)
	Poliolefinas Z1	70	160	115 ($S \leq 300\ mm^2$) / 103 ($S > 300\ mm^2$)
	HEPR	105	250	135
	Goma (sólo H07RN-F)	60 (móvil) / 85 (fijo)	200	141 (móvil) / 125 (fijo)
Aluminio	XLPE	90	250	94
	HEPR	105	250	89
	PVC	70	160	76 ($S \leq 300\ mm^2$) / 68 ($S > 300\ mm^2$)

Los valores de la tabla coinciden con los de las tablas 16 y 17 de la ITC-BT 07 del REBT para t = 1 s salvo alguna pequeña variación de un entero.

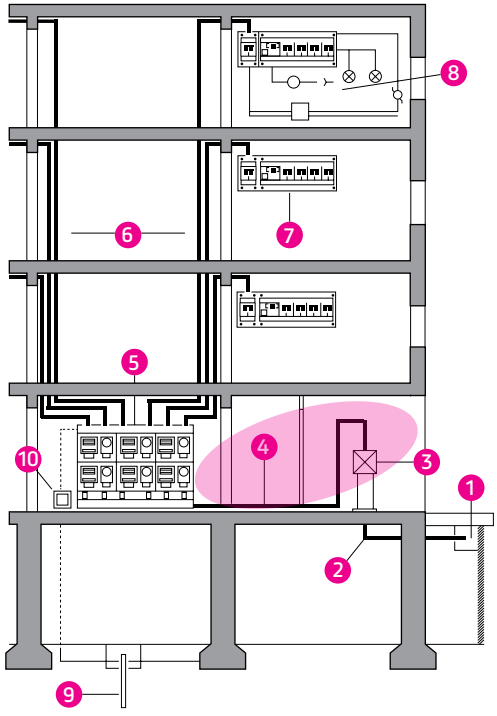
Download on the App Store

GET IT ON Google Play

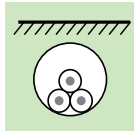
2.8. Ejemplos de cálculo de sección para Baja Tensión

2.8.1. Línea general de alimentación en edificio de viviendas

Todas las fórmulas y tablas utilizadas en este apartado vienen explicadas en los apartados anteriores



Sistema de instalación:



Conductores aislados en el interior de tubos enterrados → método D1.

Cables AFUMEX CLASS 1000 V (AS) (RZ1-K) unipolar según ITC-BT 14 (Los cables AFUMEX CLASS 1000 V (AS) son termoestables [*ver apartado 2.13.3.*]).

Condiciones de instalación:

Estándares

- Temperatura del terreno 25 °C.
- Resistividad térmica del terreno 2,5 K·m/W.

Condiciones de instalación:

P =	120 kW
U =	400 V (trifásica)
cos φ =	0,9
U =	32 m

Aplicando la fórmula de la corriente trifásica:
$I = P (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi) = 120.000 / \sqrt{3} \times 400 \times 0,9) \approx 192$ A

Sección de criterio de la intensidad admisible:

Tomamos el valor inmediato superior al calculado.

Método D1/D2 - UNE-HD 60364-5-52

	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20,5	27,5	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22,5	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24,5	32,5	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27,5	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2						70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3						58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

XLPE3 = trifásica con cable termoestable (máximo 90 °C en el conductor).

Sección por el criterio de la caída de tensión:

Según la ITC-BT 19 (apartado 2.2.2.) la caída de tensión máxima en una LGA de edificio de viviendas como el que nos ocupa es de un 0,5 %

$$e = 400 \times 0{,}005 = 2\ V$$

Al tratarse de una sección solución previsiblemente superior a 35 mm² en cobre, debemos emplear la fórmula que viene afectada por la reactancia (ver apartado 2.6.).

$$S_{cdt} = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 32 \cdot 192 \cdot 0{,}9}{45{,}5 \cdot (2 - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}08/1 \cdot 32 \cdot 192 \cdot 0{,}436)} =$$

↑

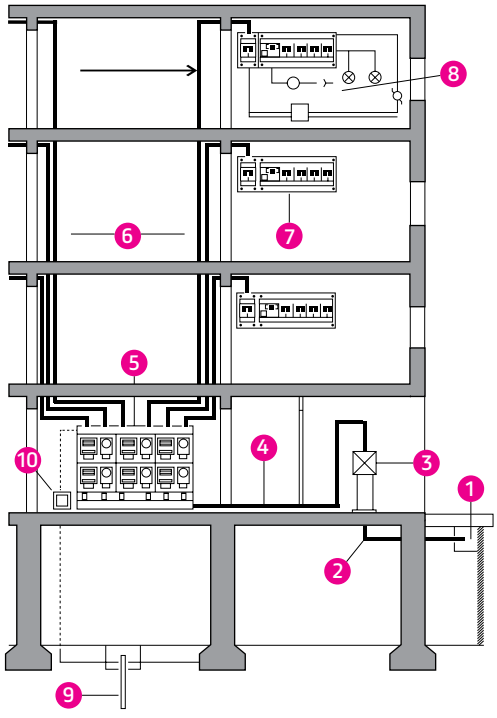
Valor de γ a 90 °C (cables de Cu termoestables como el AFUMEX CLASS 1000 V (AS) de nuestro cálculo).

$= 129{,}23 \longrightarrow$ **Sección solución** $S_{cdt} = 150\ mm^2$

Intensidad de cortocircuito máxima admisible:

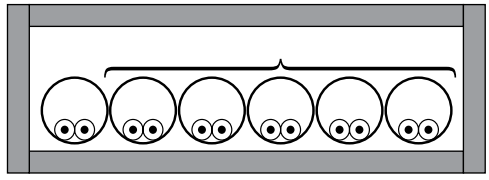
$I_{cc} = 143 \cdot S/\sqrt{t}$ (p.e. si t = 1 s • $I_{cc} = 150 \times 120/\sqrt{1} = 21450$ A)
S en mm²
t en s (valores entre 0,1 y 5 s)
I_{cc} en A

2.8.2. Derivación individual en edificio de viviendas



Sistema de instalación:

Conductores aislados en el interior de tubos en hueco de la construcción → método B2.



Condiciones de instalación:

- Temperatura 40 °C.
- Agrupamiento de 6 circuitos ⟶ C1 = 0,55.

Datos cuantitativos de la instalación:

P =	5750 W (electrificación básica)
U =	230 V (monofásica)
cos φ =	1
L =	14 m

Cable AFUMEX CLASS HAZ (AS) según ITC-BT 15

Como la DI es monofásica calculamos la intensidad de corriente con la fórmula para monofásica

$I = P / (U \cdot \cos \varphi) = 5750 / (230 \times 1) \approx 25$ A

Sección por el criterio de la intensidad admisible:

UNE-HD 60364-5-52 (tabla C.52.3)

Punto	Disposición de cables	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
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	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Coeficiente de corrección por agrupamiento C1 = 0,55

Afectamos la intensidad calculada (25 A) del coeficiente de corrección por agrupamiento (0,55). Dividiendo 25 por 0,55 obtenemos I', valor de la intensidad con la que elegir en la tabla de intensidades admisibles. Se puede hacer multiplicando el coeficiente 0,55 por los valores de la tabla y ver qué sección supera el valor 25 A, pero es un proceso menos directo. Por supuesto en ambos casos el resultado es el mismo.

$$I' = I/0{,}55 = 25/0{,}55 \approx 45\ A$$

El cable AFUMEX CLASS HAZ (AS) no tiene PVC pero es termoplástico igual que el PVC y por ello se busca así en la tabla. (*Ver apartado 2.13.3.*).

PVC2 = monofásica con cable termoplástico (máximo 70 °C en el conductor)

PVC2 = monofásica con cable termoplástico (máximo 70 °C en el conductor) 1º

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento														
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)				
A2			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)						
B1			2º		PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)	
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (70 °C)	
C							PVC3 (70 °C)					PVC2 (70 °C)		
D*					3º	Ver siguiente tabla								
E									PVC3 (70 °C)					PVC2 (70 °C)
F											PVC3 (70 °C)			

mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81
25	59	4º 63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103
35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127
50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155
70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199
95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241
120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280
150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322
185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368
240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435
300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516

Cobre

S_L=16 mm²

Sección por el criterio de la caída de tensión:

Según la ITC-BT 19 (apartado 2.2.2.) la caída de la tensión máxima en una derivación individual de edificio de viviendas como el que nos ocupa es del 1%.

$e = 230 \times 0{,}01 = 2{,}3\ V$

$S_{cdt} = 2 \cdot L \cdot P / (\gamma \cdot e \cdot U) = 2 \times 14 \times 5750 / (48{,}5 \times 2{,}3 \times 230) \approx S_{cdt} = 6{,}3 \rightarrow S_{cdt} = 10\ mm^2 \rightarrow$

Sección solución

$S_I = 16\ mm^2$

valor de γ a 70 °C (cables de Cu termoplásticos como el AFUMEX CLASS HAZ (AS) de nuestro cálculo)

Intensidad de cortocircuito máxima admisible:

$I_{cc} = 115 \cdot S / \sqrt{t}$ (p.e. si $t = 0{,}1$ s • $I_{cc} = 115 \times 16 / \sqrt{0{,}1} = 5819$ A)

S en mm²

t en s (valores entre 0,1 y 5 s)

I_{cc} en A

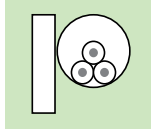
2.8.3. Ascensor de un centro comercial

Datos de instalación:

- Capacidad 13 personas
- Potencia: 46 kW
- Suministro: Trifásico a 400 V
- Línea: 70 m
- cos ϕ: 0,92

Por tratarse de servicio de seguridad no autónomo en un local de pública concurrencia (ITC-BT 28 pto. 2) elegimos **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)**
Clase C_{ca}-s1b,d1,a1 y RESISTENTE AL FUEGO
(según UNE-EN 50200 e IEC 60331-1)
(ITC-BT 28 pto. 4f, 4º párrafo).

De entre los diferentes sistemas de instalación, (ITC-BT-28, pto. 4 e), elegimos cable unipolar bajo tubo grapado en pared en zona no accesible al público.



Datos adicionales de la instalación:

- Temperatura ambiente: 35º C.
- Influencia térmica: 5 circuitos adicionales instalados paralelamente también bajo tubo.

Sección por caída de tensión:

I = P / (U · cosϕ · √3) = 46000 / (400 x 0,92 x 1,73) = 72 A

5% de caída de tensión,
(ITC-BT-19 pto. 2.2.2.)

e = caída de tensión en V, (5 % de 400 V → 20 V)

ITC-BT 47 pto. 3.1. (motor)

S = (1,25 · I · L · cos ϕ · √3) / (γ · e)

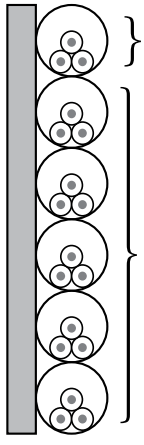
S = (1,25 x 72 x 70 x 0,92 x √3) / (45,5 x 20)

S = 11,03 **S = 16 mm²**

El cable **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)** tiene aislamiento termoestable.

γ = 45,5 m/Ω · mm² Cu (a 90 °C T máx. aislamiento termoestable tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...).

NOTA IMPORTANTE: γ = 58 Cu (a 20 °C), γ = 48,5 Cu (a 70 °C T máx. para casos de aislamiento termoplástico tipo PVC o poliolefinas Z1).



Circuito del ascensor

Circuitos que influyen térmicamente sobre el nuestro por su proximidad (destinados a otros receptores).

Sección por intensidad de corriente admisible:

Coeficiente aplicable por agrupación de circuitos

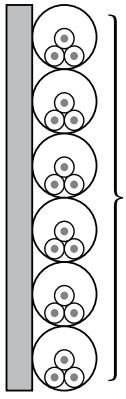


Tabla C·52·3 (UNE-HD 60364-5-52)

Punto	Disposición de cables	Número de circuitos o cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	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	0,70	0,70	0,70
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

Coeficiente aplicable por temperatura ambiente diferente al estándar (40 °C en España para instalaciones al aire).

0,70

Tabla C·52·3 (UNE-HD 60364-5-52)

Material aislante	Temperatura ambiente (θ_A) (EN °C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
XPLE 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

... por tanto la intensidad I' a considerar para buscar la sección adecuada.

1,05

ITC-BT-47 pto. 3.1. (motor)

I' = I x 1,25 / (0,70 x 1,05)

6 circuitos

35 °C T ambiente

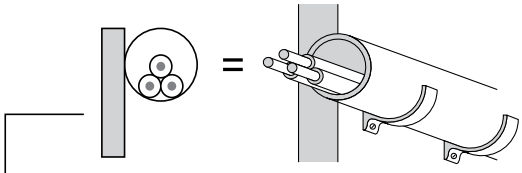
I' = 72 x 1,25 / (0,70 x 1,05) = 122 A

I' = 122 A

¡Hemos pasado de 72 A a tener que considerar 122 A por los **COEFICIENTES** de **CORRECCIÓN**!

Buscamos ahora nuestra instalación de referencia:

Tabla A-52-3 (UNE-HD 60364-5-52) Métodos de instalación e instalaciones "tipo".



3	Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante.	A1
4	Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1
5	Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conductor.	B2

Instalación de referencia a utilizar para obtener las intensidades admisibles. → B1

Con la instalación de referencia y el tipo de cable obtenemos la sección.

Tabla C-52-1 bis (tabla de carga según modo de instalación).

I' = 122 A

S = 35 mm² *

Solución

AFUMEX CLASS FIRS (AS+)

1 x 35 mm²

	Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento												
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)			
A2			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)					
B1			2º		PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)	
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)	3º	
D*		Ver siguiente tabla											
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)
F											PVC3 (70 °C)		

1º

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81
	25	59	63	69	77	80	4º 82	86	87	91	95	100	103
Cobre	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516

(*) El cable iría lo que se conoce coloquialmente como "ahorcado" por tener un valor de intensidad máxima admisible muy próximo al valor de intensidad de servicio que va a circular por el cable no haciendo fácil intercalar una protección entre ambos valores. Lo adecuado es elegir la siguiente sección o incluso, realizar los cálculos partiendo la intensidad nominal de la protección del circuito, así aseguramos que la protección queda intercalada entre la intensidad de funcionamiento del receptor y la máxima admisible para el cable.

Cortocircuito admisible

Sección S	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
25	11 305	7 994	6 527	5 056	3 575	2 919	2 528	2 261	2 064
35	15 827	11 192	9 138	7 078	5 005	4 087	3 539	3 165	2 890
50	22 610	15 988	13 054	10 112	7 150	5 838	5 056	4 522	4 128

Radio mínimo de curvatura

Sección nominal ()	Espesor de aislamiento (mm)	Diámetro exterior (mm)
1 X 35	0,9	13,8
1 X 50	1	15,4
1 X 70	1,1	17,3

r_{min} = 4 D = 4 x 13,8 = 55,2 mm (ver apartado 2.10.)

2.8.4. Cálculo con resultado de varios conductores por fase

Cálculo por caída de tensión:

Para realizar un cálculo de sección por caída de tensión es necesario considerar la reactancia cuando el resultado excede de 35 mm² (conductores de cobre). Ejemplificamos su aplicación para el caso particular de necesitar varios conductores por fase.

Tomemos los siguientes datos para cálculo:

- Tensión de la línea: U = 400 V (trifásica).
- Longitud: L = 300 m.
- cos ϕ = 0,9.
- Potencia: P = 500 kW.
- Caída de tensión admisible: 5% (ΔU = 20 V).
- Reactancia aproximada considerada: x = 0,08 Ω/km (recomendación de UNE-HD 60364-5-52 y de la norma francesa UTE-C 15-105 independiente de la sección, naturaleza del conductor (Cu o Al) y sistema de instalación).
- Instalación en bandeja perforada (cables unipolares en capa horizontal).
- Cable utilizado: AFUMEX CLASS 1000 V (AS).

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) unipolar

Recordemos inicialmente la expresión con la que obtenemos la sección (S [mm²]) por caída de tensión para alimentaciones trifásicas considerando la reactancia de la línea.

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cos \varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - \sqrt{3} \cdot 10\text{-}3 \cdot X \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\, \varphi)}$$

NOTA: X = x/n, siendo x = 0,08 Ω/km y n el número de conductores por fase.

γ es la conductividad del conductor. Tomamos el valor 45,5 m/Ω·mm². Valor a 90 °C, máxima temperatura posible en el conductor (cobre) del cable termoestable AFUMEX CLAS 1000 V (AS) elegido.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cdot \cos \varphi} = \frac{500000}{\sqrt{3}x400x0,9} = 802\ A$$

... y aplicamos

$$S = \frac{\sqrt{3}x300x802x0,9}{45,5x(20 - \sqrt{3}x10\text{-}3x0,08x300x802x0,436)} = 1508\ mm^2$$

Al resultar una sección elevada, dividimos por 240 mm² (sección más elevada habitual en stock y de común uso) 1508/240 = 6,28 → 7 conductores de 240 mm² por fase.

Pero debemos rehacer el cálculo dado que hemos considerado la reactancia para una línea con un conductor (X = 0,08 /km = x/n para n=1) por fase y nos han resultado 7. Por lo que procedemos a iterar teniendo en cuenta los conductores en paralelo.

1ª iteración

La reactancia para nuestro circuito con 7 conductores por fase es:

$$X_1 = 0{,}08\ \Omega/km/7 = 0{,}011\ \Omega/km$$

Aplicamos...

$$S = \frac{\sqrt{3}x300x802x0{,}9}{45{,}5x(20 - \sqrt{3}x10^{-3}x0{,}011x300x802x0{,}436)} = 458\ mm^2$$

...y obtenemos:

458/240 = 1,9 → 2 conductores de 240 mm² por fase.

2ª iteración

Procedemos análogamente suponiendo 2 conductores por fase:

$$X_2 = 0{,}08\ \Omega/km/2 = 0{,}04\ \Omega/km$$

$$S = \frac{\sqrt{3}x300x802x0{,}9}{45{,}5x(20 - \sqrt{3}x10^{-3}x0{,}04x300x802x0{,}436)} = 647\ mm^2$$

647/240 = 2,69 → 3 conductores de 240 mm² por fase.

3ª iteración

$$X_3 = 0{,}08\ \Omega/km/3 = 0{,}027\ \Omega/km$$

$$S = \frac{\sqrt{3}x300x802x0{,}9}{45{,}5x(20 - \sqrt{3}x10^{-3}x0{,}027x300x802x0{,}436)} = 546\ mm^2$$

546/240 = 2,28 → 3 conductores de 240 mm² por fase.

Al resultar el mismo número de conductores por fase (3) que el considerado para calcular la reactancia inicialmente, la solución es válida.

Ahora probemos con la sección inferior a 240 normalizada (185 mm²):
546/185 = 2,95 → vemos que se pueden utilizar 3 conductores de 185 mm² por fase.

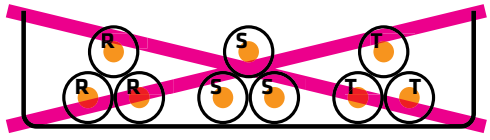
Solución:

3 conductores de 185 mm² por fase

Recordamos la colocación de los conductores para ahorrarnos problemas importantes con las inducciones:

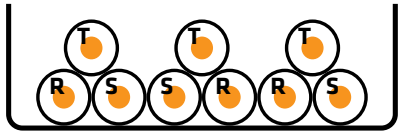
- **Colocación incorrecta**

(agrupando los conductores de cada fase)



- **Colocación correcta**

(si hubiéramos elegido colocar las ternas a tresbolillo)



- **Colocación correcta en horizontal (una capa)**

Para detalles sobre colocación de varios conductores por fase ver artículo: https://www.prysmianclub.es/instalacion-de-varios-conductores-por-fase/

Cálculo por intensidad admisible

Calculemos ahora por el criterio de la intensidad admisible para ver las particularidades de un cálculo por este criterio con varios conductores por fase como el que nos ocupa pues la intensidad de corriente I es elevada (802 A).

Según se ha comentado en el texto de este catálogo, la norma UNE 20435 recogía en su apartado 3.2.1.3 la utilización de un factor de corrección no inferior a 0,9 cuando se empleen varios conductores por fase. Además los conductores deberán agruparse en ternas que incluyan cada una de las fases, discurrir en paralelo, ser de la misma sección y naturaleza de conductor.

Y además de este coeficiente de corrección debemos tener presente lo que dice la nota 2 de la tabla B.52.21 de la norma UNE-HD 60364-5-52 reflejada también en este catálogo: *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.*

Es, no obstante, de sentido común que este planteamiento sea trasladable a cualquier otro sistema de instalación con resultado de varios conductores por fase toda vez que las tablas de intensidades admisibles están pensadas para circuitos únicos, si nuestro circuito está rodeado de otros o está desdoblado en varios conductores por ser de gran potencia es evidente que va a aparecer una generación de calor extra que hay que reflejar en los cálculos con un factor de corrección por agrupamiento.

La tabla B.52.21 nos dice que para ternas de cables unipolares en contacto en bandeja perforada (sistema de instalación que elegimos inicialmente) los coeficientes de corrección son: 0,91 para dos ternas y 0,87 para 3 ternas.

Tabla C.52.1 bis
Intensidades admisibles en amperios al aire (40 °C)

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento																			
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (90 °C)		
D*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713

Aplicamos los coeficientes de corrección que proceda para obtener las secciones:

mm²	11	
95	298	x 3 x 0,9 x 0,87 = 700 A < 802 A → no válido
120	350	x 3 x 0,9 x 0,87 = 822 A > 802 A → OK
150	401	x 3 x 0,9 x 0,87 = 942 A > 802 A → OK
185	460	
240	545	
300	630	

de llevar a efecto técnicamente, para limitar problemas con las inducciones).

mm²	11	
95	298	
120	350	
150	401	
185	460	x 2 x 0,9 x 0,91 = 753 A < 802 A → no válido
240	545	x 2 x 0,9 x 0,91 = 893 A > 802 A → OK
300	630	x 2 x 0,9 x 0,91 = 1048 A > 802 A → OK

Podemos pues, utilizar 3 ternas de cables unipolares de 1x120 mm² de cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** o podemos probar con 2 ternas (mejor solución, si se pue-

Con 2 conductores de 1 x 240 mm² por fase aseguramos holgura entre el valor de servicio (802 A) y el máximo admisible (893 A).

Si probamos a separar una distancia equivalente al doble del diámetro de la envolvente de cada terna los coeficientes de corrección serán superiores pues la disipación del calor generado se verá favorecida por estar más distanciadas las ternas. En la citada tabla 52-E5 encontramos que los valores de factor de corrección por agrupamiento son 0,98 para 2 ternas y 0,96 para tres.

mm²	11	
95	298	
120	350	x 3 x 0,9 x 0,96 = 907 A < 802 A → OK
150	401	x 3 x 0,9 x 0,96 = 1039 A > 802 A → OK
185	460	x 2 x 0,9 x 0,96 = 811 A > 802 A → OK (muy ajustado)*
240	545	x 2 x 0,9 x 0,98 = 961 A > 802 A → OK
300	630	x 2 x 0,9 x 0,98 = 1129 A > 802 A → OK

(*) *El cable iría lo que se conoce coloquialmente como "ahorcado" por tener un valor de intensidad máxima admisible muy próximo al valor de intensidad de servicio que va a circular por el cable no haciendo fácil intercalar una protección entre ambos valores. Lo adecuado es elegir la siguiente sección o incluso, realizar los cálculos partiendo la intensidad nominal de la protección del circuito, así aseguramos que la protección queda intercalada entre la intensidad de funcionamiento del receptor y la máxima admisible para el cable.

En resumen la sección a elegir por fase, a falta de cálculos de cortocircuito, será de 3 conductores de 1x185 mm² **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)**, ya que cubre las exigencias por caída de tensión y por intensidad admisible. Podemos comprobar en la segunda iteración anterior que ni la sección de 240, ni la de 300 mm² con dos conductores por fase cumplirían el criterio de la caída de tensión.

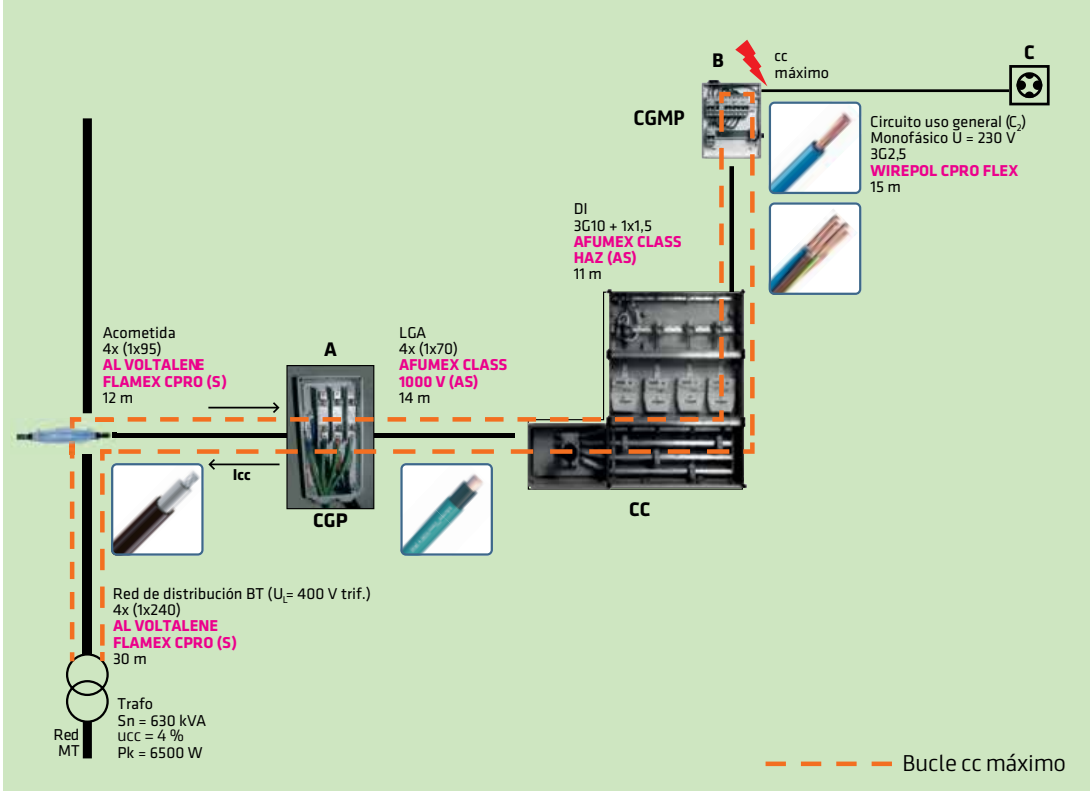
Prysmian Group

2.9. Cálculo de sección por intensidad de cortocircuito

2.9.1. Cortocircuito máximo (en bornes del cuadro general de mando y protección CGMP)

Queremos obtener el valor de cortocircuito máximo de un circuito para uso general (toma de corriente) de una vivienda para comprobar que no se supera el poder de corte del pequeño interruptor automático de 16 A de intensidad nominal que protege en cabecera dentro del cuadro general de mando y protección (CGMP).

Consideremos el siguiente esquema de suministro desde la red de MT hasta el circuito interior de uso general (C2, toma de corriente) de una vivienda.



Se toma el defecto fase-neutro como el más desfavorable y se considera despreciable la reactancia inductiva de los cables. La resistencia de los conductores para el cálculo será a 20 °C (menor que a mayores temperaturas de funcionamiento pues como sabemos todo conductor se calienta por la circulación de la corriente y su resistencia aumenta). De esta forma, al emplear valores mínimos de impedancia en las líneas, siempre nos resultará el cortocircuito más elevado posible.

Comenzamos a calcular impedancias considerando el cortocircuito trifásico en bornes del secundario del transfor-

mador para obtener el mayor valor del mismo.

Para poder obtener la reactancia de red será necesario que nos faciliten la potencia aparente del cortocircuito (S_{cc}) en el punto considerado, dato que en ocasiones puede`proporcionar la compañía eléctrica.

Suponemos en nuestro caso nos proporcionan un valor de S_{cc} es de 400 MVA (en ausencia de datos se suele tomar el valor de 500 MVA).

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_{CCL} = \sqrt{3} \cdot U_f \cdot \sqrt{3} \cdot I_{ccf} = 3 \cdot U_f \cdot I_{ccf} = 3 \cdot \frac{U_f^2}{Z_{red}} = 3 \cdot \frac{\left(\frac{U_L}{\sqrt{3}}\right)^2}{Z_{red}} = \frac{U_L^2}{Z_{red}}$$

Teniendo en cuenta que además podemos despreciar el valor de la resistencia de red frente al valor de la reactancia:

$$Z_{red} = \frac{U_L^2}{S_{cc}} \approx X_{red}$$

$$X_{red} \approx \frac{400^2}{400 \times 10^6} = 4 \times 10^{-4}\ \Omega$$

Ahora debemos calcular la impedancia del transformador partiendo de los datos de su placa de características:

$S_n = 630$ kVA
$u_{cc} = 4\%$
$P_k = 6500$ W (potencia de cortocircuito)

Calculamos la resistencia del transformador a partir de las pérdidas térmicas por efecto Joule en los arrollamientos obtenidas del ensayo en cortocircuito.

$$P_k = 3 R_{trafo} \cdot I_n^2 \rightarrow R_{trafo} = \frac{P_k}{3 I_n^2}$$

I_n se puede obtener con la expresión que la relaciona con la potencia nominal del transformador:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n \rightarrow I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{630000}{\sqrt{3} \times 400} = 909\ A$$

$$R_{trafo} = R_{cc} = \frac{P_k}{3 I_n^2} = \frac{6500}{3 \times 909^2} = 0{,}0026\ \Omega$$

Sabemos que la caída de tensión porcentual de cortocircuito está relacionada con la impedancia del transformador por la siguiente expresión:

$$Z_{cc} = \frac{u_{cc} \cdot U_n^2}{100 \times S_n} = \frac{4 \times 400^2}{100 \times 630000} = 0{,}0102\ \Omega$$

Y aplicando el teorema de Pitágoras obtenemos X_{cc}:

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{0{,}0102^2 - 0{,}0026^2} = 0{,}00986\ \Omega$$

Nos falta saber ahora los valores del resto del circuito hasta el cuadro general de mando y protección:

$$R_{RD} = \rho_{Al} \cdot L_{RD} / S_{RD} = 0{,}028\ \Omega \cdot mm^2/m \times (30 \times 2\ m / 240\ mm^2) = 0{,}007\ \Omega$$

$$R_{Acom} = \rho_{Al} \cdot L_{Acom} / S_{Acom} = 0{,}028\ \Omega \cdot mm^2/m \times (12 \times 2\ m / 95\ mm^2) = 0{,}0071\ \Omega$$

$$R_{LGA} = \rho_{Cu} \cdot L_{LGA} / S_{LGA} = 0{,}017\ \Omega \cdot mm^2/m \times (14 \times 2\ m / 70\ mm^2) = 0{,}0068\ \Omega$$

$$R_{DI} = \rho_{Cu} \cdot L_{DI} / S_{DI} = 0{,}017\ \Omega \cdot mm^2/m \times (11 \times 2\ m / 10\ mm^2) = 0{,}0374\ \Omega$$

NOTA: $\rho_{Cu} = 1/58\ \Omega \cdot mm^2/m = 0{,}017\ \Omega \cdot mm^2/m$ es la resistividad del cobre a 20 °C en corriente continua según UNE 20003. $\rho_{Al} = 1/35{,}71\ \Omega \cdot mm^2/m = 0{,}028\ \Omega \cdot mm^2/m$ es la resistividad del aluminio a 20 °C en corriente continua según UNE 21096. Además se puede considerar aproximadamente igual al valor a 20 °C en corriente alterna a 50 Hz.

Recopilamos los datos obtenidos en la siguiente tabla:

	Red dist MT	Trafo	Red dist BT	Acometida	LGA	DI	C_2	Aplicación
R (Ω/km) (20 °C)	-	0,0026	0,007	0,0071	0,0068	0,0374	-	cc máximo
X (Ω/km)	0,0004	0,00986	-	-	-	-	-	

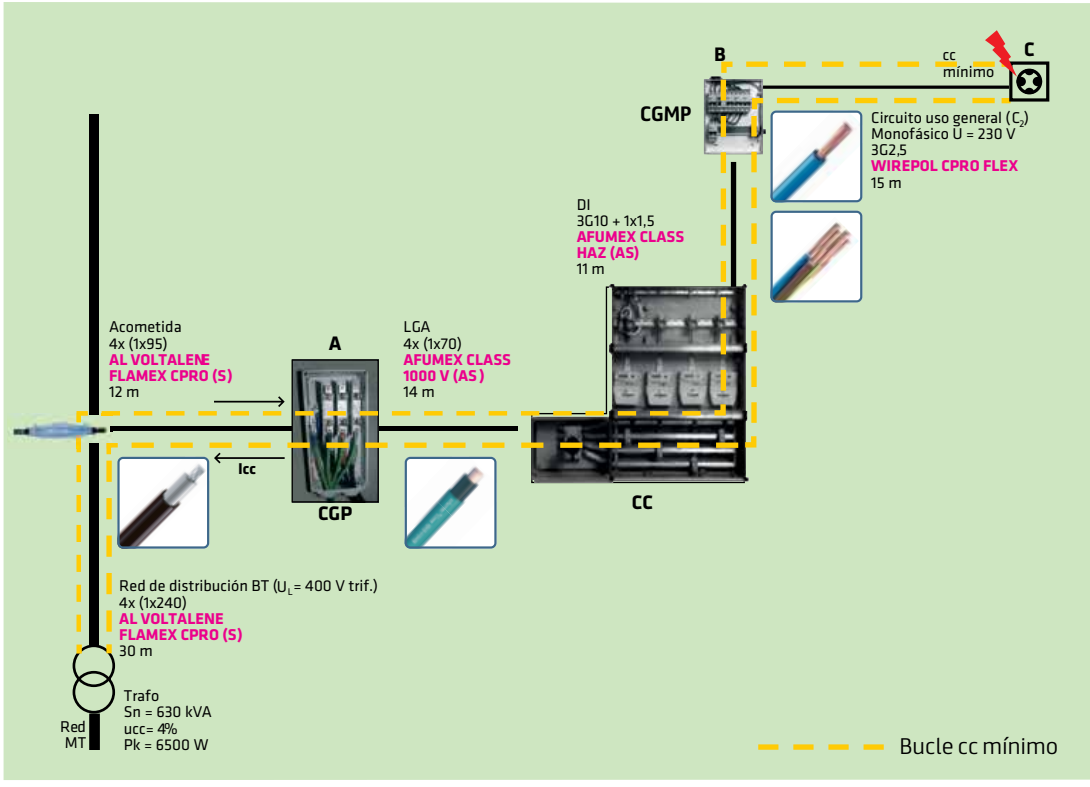
$$Icc = \frac{U_f}{\vec{Z}_{red} + \vec{Z}_{cc}} = \frac{Pf}{\sqrt{(0{,}0026 + 0{,}007 + 0{,}0071 + 0{,}0068 + 0{,}0374)^2 + (0{,}0004 + 0{,}00986)^2}} = 3724\ A$$

Nuestra protección puede soportar el poder de corte requerido puesto que el REBT exige un mínimo de 4500 A (ITC-BT 17, pto. 1.3.).

Cortocircuito mínimo

En el final de la instalación tendríamos tipicamente un cortocircuito fase-neutro por defecto franco en el receptor (ver bucle de cortocircuito mínimo). Al aumentar el recorrido del cortocircuito se aumenta la impedancia y se reduce el cortocircuito. Como además emplearemos los valores más desfavorables de impedancia (resistencias a máxima temperatura del conductor y reactancias) el resultado de los cálculos será el valor mínimo de cortocircuito que deberá superar el umbral de activación del relé tiempo-independiente del interruptor automático que protege el circuito.

En el esquema del circuito se ha reflejado el bucle del cortocircuito mínimo:



La intensidad del cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{Z_{cc}}$$

Respecto a la fórmula aproximada $0,8 \cdot U_f/\Sigma R$ ahora no necesitamos simplificar tomando 0,8 Uf en el numerador pues tomaremos los valores de todas las impedancias implicadas. En el denominador se habla de impedancia de cortocircuito (Z_{cc}) porque se consideran no sólo las resistencias sino también las reactancias de todo el bucle de defecto.

El valor de la impedancia Z_{cc} se obtendrá como suma de las partes resistivas y reactivas de todas las líneas implicadas desde la red de MT hasta el punto de conexionado del receptor en la vivienda (toma de corriente de uso general C_2):

$$Z_{cc} = \sqrt{(\Sigma_{Ri})^2+(\Sigma X_i)^2}$$

Los valores de la resistividad (ρ) del aluminio a 145 °C (ver pto. 1.2. de GUIA-BT 22) [cables AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) de la red de distribución y acometida] se obtienen aplicando la fórmula de la norma UNE 21096 (IEC 121):

$\rho_{AI(T)} = 1/35,71 \times [1 + 0,00407 \times (T-20)]$

(donde T es la temperatura de conductor).

$R_{RD} = \rho AI \cdot L_{RD}/S_{RD} = 0,0423\ \Omega \cdot mm^2/m \times (30 \times 2\ m/240\ mm^2) = 0,01056\ \Omega$

$R_{Acom} = \rho_{AI} \cdot L_{Acom}/S_{Acom} = 0,0423\ \Omega \cdot mm^2/m \times (12x2\ m/95\ mm^2) = 0,01069\ \Omega$

...y para el cobre a 145 °C (ver pto. 1.2. de GUIA-BT 22), empleamos la fórmula de la UNE 20003 (IEC 28).

$\rho_{Cu(T)} = 1/58 \times [1 + 0{,}00393 \times (T-20)]$
(donde T es la temperatura de conductor).

$R_{LGA} = \rho_{Cu} \cdot L_{LGA}/S_{LGA} = 0{,}0257\ \Omega \cdot mm^2/m \times (14 \times 2\ m/70\ mm^2) = 0{,}01028\ \Omega$
$R_{DI} = \rho_{Cu} \cdot L_{DI}/S_{DI} = 0{,}0257\ \Omega \cdot mm^2/m \times (11 \times 2\ m/10\ mm^2) = 0{,}05654\ \Omega$
$R_{CIA} = \rho_{Cu} \cdot L_{CIA}/S_{DI} = 0{,}0257\ \Omega \cdot mm^2/m \times (15 \times 2\ m/2{,}5\ mm^2) = 0{,}3084\ \Omega$

Los valores de reactancia, salvo indicación más precisa, se pueden considerar en torno a 0,08 Ω/km (valor que avala la norma UNE-HD 60364-5-52 y la norma francesa UTE C 15-105 para tendidos independientemente de la sección, naturaleza del conductor y disposición de los conductores).

$X_{RD} = 0{,}08\ \Omega/km \times 30 \times 2 \times 10\text{-}3\ m = 0{,}0048\ \Omega$

$X_{Acom} = 0{,}08\ \Omega/km \times 12 \times 2 \times 10\text{-}3\ m = 0{,}00192\ \Omega$

$X_{LGA} = 0{,}08\ \Omega/km \times 14 \times 2 \times 10\text{-}3\ m = 0{,}00224\ \Omega$

$X_{DI} = 0{,}08\ \Omega/km \times 11 \times 2 \times 10\text{-}3\ m = 0{,}00176\ \Omega$

$X_{CIA} = 0{,}08\ \Omega/km \times 15 \times 2 \times 10\text{-}3\ m = 0{,}0024\ \Omega$

Resumiendo:

	Red dist MT	Trafo	Red dist BT	Acometida	LGA	DI	C_2	Aplicación
R (Ω/km) (máx. T)	-	0,0026	0,01056	0,01069	0,01028	0,05654	0,3084	cc mínimo
X (Ω/km)	0,0004	0,00986	0,0048	0,00192	0,00224	0,00176	0,0024	

$$\Sigma R_i = R_{trafo} + R_{RD} + R_{Acom} + R_{LGA} + R_{DI} + R_{CIA}$$
$$\Sigma R_i = 0{,}0026 + 0{,}01056 + 0{,}01069 + 0{,}01028 + 0{,}05654 + 0{,}3084 = 0{,}3965\ \Omega$$

$$\Sigma X_i = X_{red} + X_{trafo} + X_{RD} + X_{Acom} + X_{LGA} + X_{DI} + X_{CIA}$$
$$\Sigma X_i = 0{,}0004 + 0{,}00986 + 0{,}0048 + 0{,}00192 + 0{,}00224 + 0{,}00176 + 0{,}0024 = 0{,}02338\ \Omega$$

$$Z_{cc} = \sqrt{(\Sigma R_i)^2 + (\Sigma X_i)^2} = \sqrt{0{,}3965^2 + 0{,}023382} = 0{,}3972\ \Omega \qquad I_{cc} = \frac{U_f}{Z_{cc}} = \frac{230}{0{,}3972} = 579\ A$$

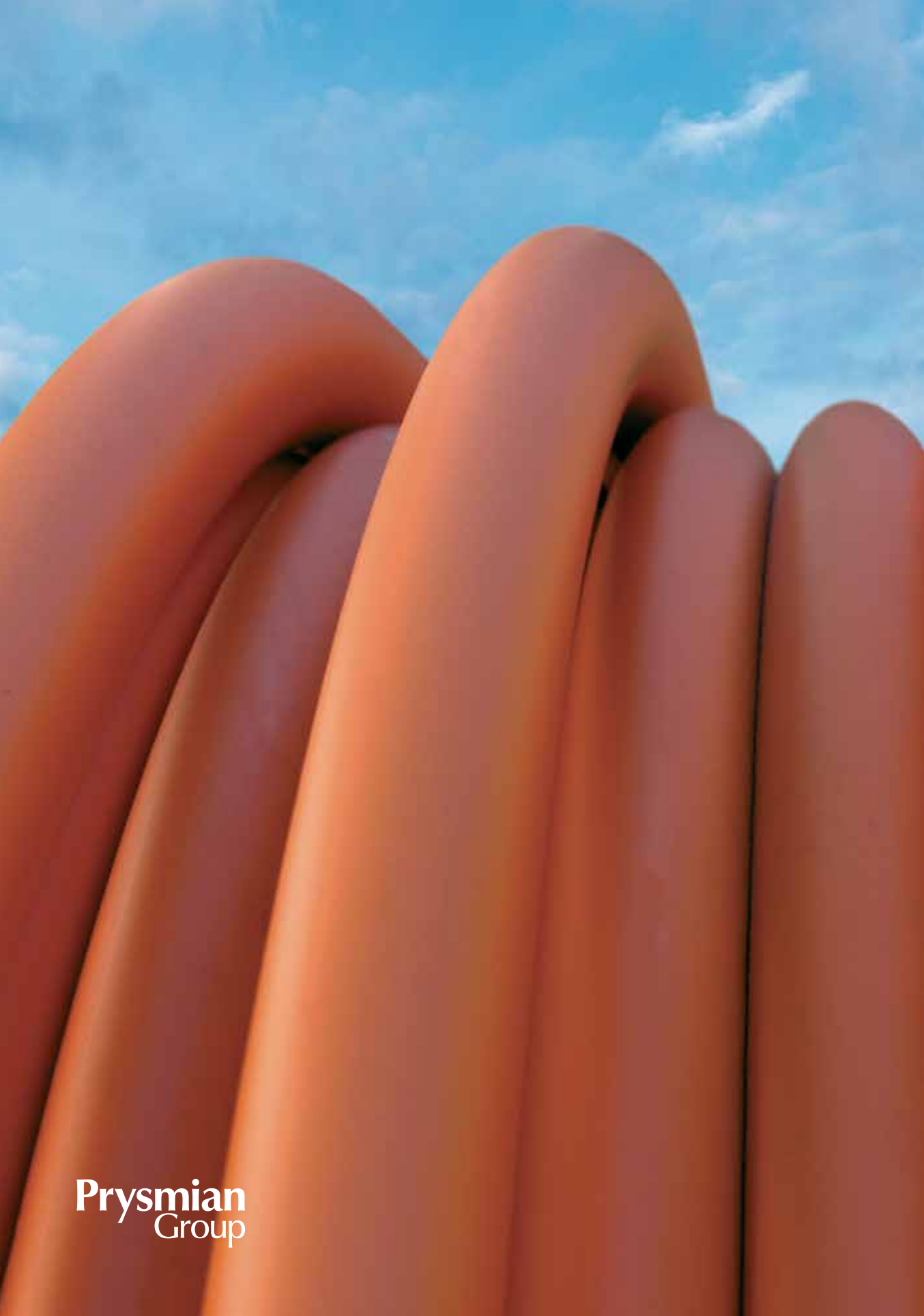
Una protección con curva de tipo C necesita una intensidad de cortocircuito superior a 10 veces su intensidad nominal para actuar adecuadamente. Si el circuito C_2 para uso general está protegido con un interruptor magnetotérmico de 16 A de intensidad no tendremos problemas.

$$16\ A \times 10 = 160\ A < 579\ A$$

NOTA: cuando no se dispone de datos aguas arriba de la caja general de protección se puede emplear un método más sencillo (GUÍA - BT - ANEXO 3) consistente en suponer una caída del 20 % en la tensión de suministro y considerar las impedancias sólo desde la caja general de protección (CGP) $I_{cc} = 0{,}8 \bullet U_f/\Sigma R$ (con resistencias a 20 °C igualmente) para cortocircuito mínimo y $Icc = 0{,}8 \bullet U_f/\Sigma Z$ con resistencia a máxima temperatura y reactancias igualmente) para el valor máximo.

Más ejemplos de cálculo de sección en los apartados 2.16., 2.17., 2.18. y 2.19.

Prysmian Group


Prysmian
Group

2.10. Radios de curvatura

Tanto durante su tendido como en su posición final, los cables están sometidos a esfuerzos mecánicos. Se indican a continuación los valores límite de los radios de curvatura. Cables con aislamiento y cubierta para instalaciones fijas (radios de curvatura recogidos en las normas de diseño de la serie UNE 21123).

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
AFUMEX CLASS MANDO (AS)
AFUMEX CLASS FIRS (AS+)
AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)
AFUMEX CLASS ATEX (AS)*
AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)*
BLINDEX PROTECH 500 V (AS)*
BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)*
AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)*
AL AFUMEX CLASS (AS)
RETENAX CPRO Flex
RETENAX CPRO Rígido
SINTENAX CPRO 1000 V
RETENAX FLAM F*
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)

Cables no armados		*Cables armados o apantallados
D = Diámetro exterior de los cables (mm)	Radio de curvatura mínimo	Radio de curvatura mínimo
D < 25	4 D	10 D
25 ≤ D ≤ 50	5 D	
D > 50	6 D	

NOTA: Los anteriores radios de curvatura son los radios mínimos que el cable puede adoptar en su posición definitiva de servicio. Estos límites no se aplican a las curvaturas a que el cable pueda estar sometido durante su tendido, cuyos radios deben de tener un valor superior a lo indicado.

Conductores aislados de 450/750 V sin cubierta y para instalaciones fijas (radios de curvatura según UNE-EN 50565-1).

AFUMEX CLASS 500 V (AS)
AFUMEX CLASS 750 V (AS)
AFUMEX CLASS HAZ (AS)
AFUMEX PANELES Flex
AFUMEX CLASS 750 V Rígido (AS)
WIREPOL CPRO Flex
WIREPOL CPRO Rígido

	Diámetro exterior del cable D (mm)			
	D ≤ 8	8 < D ≤ 12	12 < D ≤ 20	D > 20
Uso normal (durante tendido)	4 D	5 D	6 D	6 D
Curvado cuidadosamente (posición final)	2 D	3 D	4 D	4 D

PRYSMIAN PRYSOLAR
TECSUN

Ver fichas.

Cables trenzados (radios de curvatura según UNE 21030).

AL POLIRRET CPRO
POLIRRET FERIEX CPRO

18 D.
D = Diámetro del mayor conductor aislado.

En el caso de tendido con curvatura controlada, o sea enrollándolo sobre un conformador a una temperatura no inferior a 15 °C, el radio de curvatura especificado anteriormente puede reducirse a la mitad.

	Para un diámetro del cable (mm)			
	D ≤ 8	8 < D ≤ 12	12 < D ≤ 20	D > 20
Instalación fija	3 D	3 D	4 D	4 D
Libre movimiento	5 D	5 D	6 D	6 D
A la entrada de un aparato de un equipo móvil sin esfuerzo mecánico sobre el cable	5 D	5 D	6 D	6 D

D = Diámetro exterior de los cables.

Cables para servicios móviles de 300/500 V (radios de curvatura según UNE-EN 50565-1).

Los cables aptos para servicios móviles tienen tabulados radios de curvatura para diferentes situaciones.

WIREPOL CPRO GAS
SINTENAX CPRO AG

Cables para servicios móviles de 450/750 V (radios de curvatura según UNE-EN 50565-1).

AFUMEX EXPO

	Diámetro exterior del cable D (mm)			
	D ≤ 8	8 < D ≤ 12	12 < D ≤ 20	D > 20
Instalación fija	3 D	3 D	4 D	4 D
Libre movimiento	4 D	4 D	5 D	6 D
A la entrada de un aparato de un equipo móvil sin esfuerzo mecánico sobre el cable	4 D	4 D	5 D	6 D

DATAX LiYCY CPRO
15 D.
D = Diámetro exterior.

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)
8 D.
D = Diámetro exterior.

FLEXTREME MAX
Ver ficha.

Prysmian Group

Prysmian
Group

2.11. Tensiones máximas de tracción durante los tendidos de los cables

Durante el tendido, los cables suelen estar sometidos a esfuerzos de tracción que nunca deben superar los límites establecidos en las normas. Tales límites dependen del tipo de cable pero sobre todo de la naturaleza del conductor.

Cables con aismamiento y cubierta para instalaciones fijas.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
AFUMEX CLASS MANDO (AS)
AFUMEX CLASS FIRS (AS+)
AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)
AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)
AFUMEX CLASS ATEX (AS)
AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)
BLINDEX PROTECH 500 V (AS)
BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)
AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)
AL AFUMEX CLASS (AS)
RETENAX CPRO Flex
RETENAX CPRO Rígido
SINTENAX CPRO 1000 V
RETENAX FLAM F
AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)
DATAX LiYCY CPRO

Cuando la tracción se producce sobre los conductores los valores máximos son:

Cables de cobre: $\sigma = 50$ N/mm^2.
Cables de aluminio: $\sigma = 30$ N/mm^2.

Es decir, que un cable de cobre de 150 mm^2 puede soportar una tracción de 50 x 150 = 7500 N cuando se aplica una cabeza de tiro sobre el conductor.

Cuando la tracción es aplicada sobre la cubierta exterior la fuerza de tracción máxima es: F = 5 D2.

Siendo F la fuerza de tracción en N y D el diámetro exterior del cable en mm.

NOTA: Se recomienda reducir al 80% del valor calculado la tensión de tracción para cables con 5 conductores o más.

Conductores aislados 450/750 V sin cubierta y para instalaciones fijas.

AFUMEX CLASS 500 V (AS)
AFUMEX CLASS 750 V (AS)
AFUMEX CLASS HAZ (AS)
AFUMEX PANELES Flex
AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS)
WIREPOL CPRO Flex
WIREPOL CPRO Rígido

La tensión máxima de tracción sobre los conductores será de 50 N/mm^2 durante la instalación y 15 N/mm^2 para cables rígidos en servicio en circuitos fijos. La fuerza de tracción nunca debe superar los 1000 N por conductor, excepto que se haya convenido otro valor con el fabricante.

Conductores aislados 450/750 V sin cubierta y para instalaciones fijas.

PRYSMIAN PRYSOLAR
TECSUN

Carga máxima de tracción 15 N/mm^2 en servicio y 50 N/mm^2 durante su instalación.

Cables trenzados

AL POLIRRET CPRO
POLIRRET FERIEX CPRO

Su norma de diseño (UNE 21030) no contempla valores de tensión de tracción sino pautas generales de tendido.

NOTA: Para los cables de aluminio con neutro fiador el esfuerzo mínimo de rotura es 870 daN para fiador de 29,5 mm^2, 1660 daN para 54,6 mm^2 y 2000 para 80 mm^2.

Cables aptos para servicios móviles

WIREPOL CPRO GAS
SINTENAX CPRO AG
AFUMEX EXPO
FLEXTREME MAX

15 N/mm^2 (esfuerzo de tracción estático para servicio móvil). Nunca excederá de 1000 N por conductor.

NOTA: Los valores de tensión de tracción máxima durante el tendido no deben confundirse con las tensiones máximas de tracción que pueden soportar los cables en su posición final estática. Estos últimos valores son notablemente inferiores (aproximadamente la tercera parte para cables de cobre). A tener muy en cuenta en tendidos verticales.

Prysmian
Group

2.13. Errores más frecuentes en el cálculo de secciones y la elección del tipo de cable

Proponemos ahora una colección de errores que detectamos con frecuencia se producen a través de las consultas que recibimos. Nuestra intención es que lo lea y le ayude a mejorar con alguno de los siguientes apartados.

2.13.1. Utilizar el cable AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) como si fuera de alta seguridad (AS) cuando sólo es libre de halógenos.

El AL RV fue sustituido por el AL XZ1 (S).

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)

un cable de propiedades mecánicas y frente al fuego mejoradas pero con las mismas aplicaciones. Es libre de halógenos pero no es tipo Afumex Class (AS) clase C_{ca}-s1b,d1,a1 sino clase E_{ca}.

El cable AL XZ1 (S), por tanto, NO es válido para su instalación en locales de pública concurrencia, derivaciones individuales, líneas generales de alimentación o emplazamientos donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego, recordemos que, en las instalaciones citadas, la reglamentación no pide cables libres de halógenos sino cables con clase C_{ca}-s1b,d1,a1, y como ya hemos dicho el cable AL XZ1 (S) de la clase E_{ca} que es inferior. El cable indicado para estos casos sería el AL AFUMEX CLASS (AS) con cubierta verde.

2.13.2. No considerar la adecuada conductividad eléctrica en el cálculo de sección por caída de tensión.

Aplicar la fórmula concreta es algo normalmente muy sencillo pero es extraordinariamente usual encontrar cálculos de la caída de tensión considerando valores de la conductividad eléctrica (γ) a unos 30 °C suposición que no sólo es errónea si no que además es una simplificación peligrosa a la hora de obtener la sección del cable por este criterio (el error puede llegar a ser del 28 %). Es muy fácil ver que tomar $\gamma = 56\ m/(\Omega \cdot mm^2)$ para el cobre y 35 para el aluminio es un error dado que en la mayoría de los casos ya se parte de una temperatura ambiente estándar de 25 °C para instalaciones enterradas y de 40 °C para instalaciones al aire, a lo que hay que sumar el correspondiente efecto Joule (calentamiento del conductor por su resistencia eléctrica) para encontrarnos que nuestro cable presenta una conductividad significativamente distinta. De hecho en cables termoestables podemos llegar a 90 °C en régimen permanente y en cables termoplásticos podemos llegar a 70 °C. La siguiente tabla se ha obtenido a partir de las normas UNE 20003 (IEC 28) para cobre y UNE 21096 (IEC 121) para aluminio:

Material	Temperatura del conductor		
	20 °C	Termoplásticos 70 °C	Termoestables 90 °C
Cobre	58,0	48,5	45,5
Aluminio	35,7	29,7	27,8

Estos valores son muy similares a los que ofrece la norma de intensidades admisibles UNE-HD 60364-5-52 en su anexo G.

Para calcular la temperatura del conductor ver apartado 2.6. y/o ejemplo en apartado 2.14.7.
Para consultar valores de resistencia a diferentes temperaturas consultar apartado 2.14.13.

2.13.3. Dudar a la hora de interpretar qué significa "PVC2", "PVC3", "XLPE2" y "XLPE3" en la tabla de intensidades admisibles de los cables (UNE-HD 60364-5-52).

Primeramente debemos advertir que la tabla 1 de intensidades admisibles para cables en instalaciones interiores o receptoras de la ITC-BT 19 ya no está en vigor. Se corresponde con la versión de 1994 de la UNE 20460-5-523 (IEC 60364-5-523), en noviembre de 2004 se publicó de nuevo esta norma recogiendo cambios sustanciales para ser renovada de nuevo, en diciembre de 2014, con la publicación de la UNE-HD 60364-5-52, que es la versión vigente en la actualidad. Por lo que tenemos numerosas novedades a tener en cuenta, la tabla de intensidades admisibles y la de elección de los sistemas de instalación han variado. El apartado 2.1. de este catálogo es un resumen de la citada versión moderna de la norma. No obstante recomendamos leer detenidamente la norma original para poder valorar todos los detalles nuevos.

Teniendo en cuenta lo anterior pasamos a interpretar la nueva tabla de intensidades admisibles que sustituye a la tabla 1 de la ITC-BT 19.

Cuando en una instalación utilizamos cables termoplásticos, su comportamiento térmico es como el del PVC al margen del tipo de aislamiento que presente el cable (típicamente PVC o poliolefinas Z1) por ello la tabla los identifica con la inscripción "PVC". Soportan 70 °C en régimen permanente y 160 °C en cortocircuito.

Los cables Prysmian termoplásticos (70 °C) son:

AFUMEX CLASS 500 V (AS)
ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS 750 V (AS)
H07Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS HAZ (AS)
H07Z1-K TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS)
H07Z1-R TYPE 2 (AS)

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)
Z1Z1-K (AS)

BLINDEX PROTECH 500 V (AS)
Z1C4Z1-K (AS)

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)
Z1C4Z1-K (AS)

WIREPOL CPRO Flex
H05V-K / H07V-K

WIREPOL CPRO Rígido
H05V-U / H07V-U / H07V-R

WIREPOL CPRO GAS
H05VV-F

SINTENAX CPRO AG
H05VV-F

SINTENAX CPRO 1000 V
VV-K

DATAX LiYCY CPRO
LiYCY

La utilización de cables termoestables (soportan 90 °C en régimen permanente y 250 °C en cortocircuito) supone buscar en la tabla "XLPE" dado que este material es termoestable, al igual que el EPR, poliolefinas Z o silicona.

Los cables Prysmian termoestables (90 °C) son:

AFUMEX PANELES Flex
H05Z-K / H07Z-K

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
RZ1-K (AS)

AFUMEX CLASS MANDO (AS)
RZ1-K (AS)

AFUMEX CLASS FIRS (AS+)
mRZ1-K (AS+)

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)
SOZ1-K (AS+)

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)
RZ1C40Z1-K (AS)

AFUMEX CLASS ATEX (AS)
RZ1MZ1-K (AS)

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)
RZ1MZ1-K 2RH (AS)

AFUMEX EXPO
H07ZZ-F

AL AFUMEX CLASS (AS)
AL RZ1 (AS)

PRYSMIAN PRYSOLAR
H1Z2Z2-K

TECSUN
H1Z2Z2-K

RETENAX CPRO Flex
RV-K

RETENAX CPRO Rígido
RV (XV)

RETENAX FLAM F
RVFV

FLEXTREME MAX
H07RN-F / DN-F

BUPRENO BOMBAS SUMERGIDAS
DN-F BOMBAS SUMERGIDAS

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)
AL XZ1 (S)

AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)
Al XZ1 (AS)

AL POLIRRET CPRO
AL RZ

POLIRRET FERIEX CPRO
RZ

El número 2 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay dos conductores activos (típicamente fase y neutro de instalaciones monofásicas o los dos polos de corriente continua. El conductor de protección no se considera activo). El número 3 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay tres conductores activos (típicamente las 3 fases en suministros trifásicos. El neutro y el conductor de protección no se consideran activos normalmente en este tipo de instalaciones, salvo influencia relevante de los armónicos en el neutro o desequilibrio significativo en las fases).

Naturaleza térmica de aislamiento + número de conductores con carga																				
A1 (1º)			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)										
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)												
B1				(2º)	PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)				
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)								
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			
D*		Ver siguiente tabla																		
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)		
F											PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713

Por ejemplo en la anterior tabla, si tenemos una instalación monofásica bajo tubo empotrado en pared térmicamente aislante que vamos a realizar con cable **AFUMEX CLASS 750 V (AS)**.

Se busca el sistema de instalación (UNE-HD 60364-5-52), en la tabla correspondiente C.52.1 bis (Apartado 2.1.) y vemos que es la referencia 1 y corresponde al tipo A1.
Con este tipo A1 nos vamos a la tabla de intensidades admisibles (tabla A.52-1 bi)s y, como se trata de corriente monofásica con cable **AFUMEX CLASS 750 V (AS)**, debemos elegir la columna de "PVC2". Es decir, en la columna nº 4 tenemos las intensidades admisibles para los cables de nuestra instalación. (*Ver tabla*).

Todas las tablas referenciadas aparecen en este catálogo.

MUY IMPORTANTE: esta tabla nos da las intensidades en condiciones estándares, el valor deberá ser corregido mediante los correspondientes coeficientes por agrupamientos, temperaturas... o cualquier desviación del estándar (*consultar UNE-HD 60364-5-52 o los primeros apartados de este catálogo*).

Se ha representado aquí la tabla de intensidades admisibles con temperatura ambiente de 40 °C porque es la temperatura estándar de aplicación en España. Sirva esto para no aplicar sistemáticamente tablas de 30 °C (temperatura ambiente de otros países como Francia) salvo adecuada justificación.
También es un error frecuente generalizar como termoplásticos los cables de 750 V y como termoestables los de 1000 V. Como ejemplo, el cable **SINTENAX CPRO 1000 V** (VV-K) es de 1000 V y es termoplástico (hay que buscarlo en la tabla como PVC) y cables como el **AFUMEX PANELES FLEX** (H07Z-K) son de 750 V termoestables y por lo tanto corresponde buscarlos en la tabla de intensidades admisibles como XLPE.

2.13.4. No aplicar los coeficientes correspondientes en el cálculo de la sección por el criterio de la intensidad máxima admisible.

Al margen de lo que nos dicen las tablas de carga correspondientes en cada caso, no hay que olvidar que se debe afectar el valor extraído de coeficientes de corrección dependiendo del sistema de instalación, de la presencia de otros conductores cargados en el entorno, de la temperatura ambiente, del número de conductores por fase... (todos estos factores aparecen en las tablas de las normas UNE a las que hace alusión el REBT). Es decir, en cada caso hay que tener en cuenta las condiciones de la instalación para saber que sección utilizar. Es algo más laborioso que no complicado que aplicar sólo una fórmula o una tabla.

No aplicar los correspondientes coeficientes puede llevarnos a cometer grandísimos errores. Por ello hacemos especial hincapié en que la sección va más allá de los comunes errores que detectamos en ocasiones, sobre todo:

- No aplicar ningún coeficiente de corrección.

- Aplicar la fórmula y tomar la sección inmediata superior a la obtenida por aplicación directa de la tabla, sin coeficientes.

- Utilizar como coeficiente un 0,8 para todos los casos.
- Aplicar el coeficiente más bajo cuando la instalación está afectada por varios coeficientes. Por ejemplo, si tengo que aplicar 0,7 por agrupación de circuitos y 0,9 por efecto de la temperatura ambiente, tendremos que aplicar 0,7 x 0,9 = 0,63. No es válido hacer uso sólo el coeficiente menor (0,7 en este caso). La agrupación de circuitos y el efecto añadido de la temperatura ambiente se superponen y por ello hemos de afectar nuestros cálculos por ambos coeficientes.
- No tener en cuenta el agrupamiento que se produce en circuitos con varios conductores por fase.

Cuando se utilizan varios cables por fase hay que aplicar también coeficientes de corrección por agrupamiento de circuitos, porque igualmente se trata de grupos de cables que se influyen eléctricamente aunque pertenezcan al mismo circuito. Si por ejemplo la intensidad a canalizar fuera tal que necesitáramos 3 cables por fase, tenemos que tener en cuenta un coeficiente de corrección para ese agrupamiento de 3 circuitos y rehacer el cálculo (iterar) ya que hasta no saber el resultado no hemos podido saber cuantos cables por fase necesitamos y por tanto no hemos podido elegir correctamente el coeficiente por agrupamiento.

- No apreciar las variaciones de las condiciones a lo largo de un recorrido.

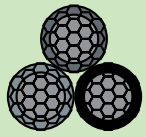
Además de lo anterior, hemos de tener en cuenta también que si se produjeran variaciones de las condiciones de instalación a lo largo de un recorrido, las intensidades admisibles deberán determinarse para la parte del recorrido que presenta las condiciones más desfavorables.

Recomendamos leer los ejemplos de cálculo del apartado 2.8. y apartado 2.14., puntos 1, 2, 3, 4, y 5, y el punto 28 de este apartado.

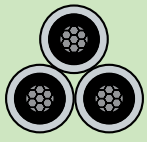
2.13.5. No considerar la reactancia en los cálculos de sección por caída de tensión.

Existen diversos criterios a la hora de considerar la reactancia en los cables de baja tensión sin pantalla. Con carácter general y salvo una indicación más exacta podemos considerar x=0,08 Ω/km para circuitos monofásicos, o trifásicos con conductores aislados sin cubierta o cables con cubierta unipolares. o con cubierta multipolares en los que sus conductores estén **en contacto**, independientemente de la sección, naturaleza del conductor (Cu o Al), disposición y sistema de instalación. Esta aproximación está contemplada en la norma UNE-HD 60364-5-52 (anexo G) y en la francesa UTE C 15-105.

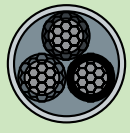
Conductores aislados como
AFUMEX CLASS 750 V (AS)
o WIREPOL FLEX CPRO



Cables unipolares
(con aislamiento y cubierta) como
AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
o RETENAX CPRO FLEX



Cables multipolares
(con aislamiento y cubierta) como
AFUMEX CLASS 1000 V (AS)
o WIREPOL FLEX CPRO
de 2x, 3x, 4x, 4G, 5G...



En muchas ocasiones y a la vista de la fórmula de cálculo la sección por caída de tensión que considera la reactancia (*ver apartado 2.6.*), se puede adivinar que la incidencia de la reactancia suele ser tanto más relevante cuanto mayor sea la sección del conductor (el valor de la reactancia tiene más peso en el valor total de la impedancia dado que la resistencia va disminuyendo a medida que aumenta la sección y la reactancia permanece prácticamente constante). Por eso existen criterios que nos aconsejan tener en cuenta el valor de la reactancia a partir de secciones de 35 mm². para cables de cobre y 70 mm² para cables de aluminio.

Numéricamente es fácil comprobar que se puede cometer un gran error si se obvia el aspecto que comentamos en este apartado, por ello le recomendamos lo tenga siempre en cuenta o la caída de tensión de la instalación puede ser muy superior a la prevista.

(Ver apartados 2.14.6. y 2.14.7.).

(Ver tablas de caídas de tensión en el apartado 2.6. Estas tablas incluyen el efecto de la reactancia).

Recordamos las dos primeras fórmulas de cálculo de sección de conductor por el criterio de la caída de tensión que aparecen en el apartado 2.6.Y a las horas a y reproducimos a continuación:

Monofásica
$$\frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 2 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

Trifásica
$$\frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

2.13.6. No considerar el cortocircuito admisible por el cable.

Una vez que se realiza un cálculo, en las tablas del apartado F podemos encontrar la máxima intensidad que puede soportar cada tipo de cable en cortocircuito. Es necesario que las protecciones estén adecuadamente elegidas para evitar daños en la instalación, tal y como nos dice la norma UNE-HD 60364-4-43.

En definitiva se trata de incidir en la necesidad de no banalizar este aspecto y hacer las comprobaciones oportunas para asegurar la correcta protección del cable y el resto de la instalación, si bien recordamos que no suele ser un criterio dominante cuando se calculan secciones del conductor en BT.

Ver ejemplo de cálculo en el apartado 2.8.

2.13.7. No considerar la posibilidad de repartir la caída de tensión entre la derivación individual y la instalación interior o receptora.

Simplemente se trata de recordar a quien pueda haberle pasado desapercibido o pueda haberlo ignorado porque no es necesariotenerlo en cuenta en todos los cálculos, lo que dice el primer párrafo del apartado 2.2.2 de la ITC-BT 19: "El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado".

Este detalle cobra especial relevancia cuando tenemos largas derivaciones individuales en las que el criterio de la caída de tensión prevalezca sobre el de la intensidad admisible y el de la corriente de cortocircuito.

2.13.8. Utilizar cables RV-K de 1000 V en provisionales de obras.

La ITC-BT 33 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) nos dice que debemos utilizar cable FLEXTREME MAX (UNE-EN 50525-2-21) que por ser un cable para servicios móviles, con especiales propiedades frente a las agresiones mecánicas y químicas es idóneo para estas aplicaciones. Además la propia denominación RV-K (UNE 21123-2) nos indica que se trata de un cable flexible para instalaciones fijas solamente (-K) por lo que evidentemente no es adecuado para una instalación provisional de obra.

Además, FLEXTREME MAX es el cable indicado por el REBT para exteriores de ferias y stands (ITC-BT 34), establecimientos agrícolas y hortícolas (ITC-BT 35), caravanas y parques de caravanas (ITC-BT 41), puertos y marinas para barcos de recreo (ITC-BT 42), alimentación de equipos portátiles de exterior, alimentación de equipos industriales, enrolladores de exterior, industriales o bombas sumergidas. Aparatos en talleres industriales y agrícolas, locales secos, húmedos o mojados, a la intemperie, conexiones de máquinas herramienta...

En definitiva, utilizar cables tipo RV-K, VV-K, RV o RZ1-K (AS) en provisionales de obras va contra el reglamento.

Las instalaciones provisionales de obra deben ser realizadas con cable FLEXTREME MAX, especialmente diseñados para soportar las solicitudesde de estos emplazamientos.

2.13.9. Utilizar cables libres de halógenos pensando que siempre tienen características de los nuevos cables de alta seguridad (AS) con clase C_{ca}-s1b,-d1,a1 que exige el REBT y el CPR en locales de pública concurrencia.

Cuando los cables de alta seguridad tipo Afumex aparecieron en el mercado, su principal novedad era la ausencia de halógenos en su composición frente al tradicional PVC de los cables convencionales (tipo RV, RV-K, VV-K, H07V-K, H07V-R...). En definitiva una de las principales características es la ausencia de gas ácido halógeno (HCl) en los gases emanados en una eventual combustión del cable Afumex, por ello se extendió la expresion "libre de halógenos".

En el mercado se pueden encontrar en ocasiones cables libres de halógenos, no propagadores de la llama...* pero que pueden no presentar alguna de las características exigibles a los **nuevos** cables AS con clase **C_{ca}-s1b,d1,a1**. Recordemos que el REBT actualmente afectado por el Reglamento de Productos de Construcción (CPR) en las ITCs 14, 15, 16 y 28 exige que los cables sean **"clase de reacción al fuego mínima C_{ca}-s1b,d1,a1"** y cita unas normas de diseño de cables que actualmente superan los siguientes ensayos de fuego como referentes para las instalaciones de las citadas ITC. Estos ensayos son los que deben cumplir los nuevos cables de alta seguridad Afumex Class (AS):

No propagación de la llama:		UNE-EN 60332-1-2
No propagación del incendio:		UNE-EN 50399
Reducida acidez:	Libre de halógenos	UNE-EN-60754
	Reducida emisión de gases tóxicos	
	Nula emisión de gases corrosivos	
Baja emisión de humos:		UNE-EN 50399
Baja opacidad de humos:		UNE-EN 61034-2
Baja emisión de calor:		UNE-EN 50399
Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:		UNE-EN 50399

Clase C_{ca}-s1b,d1,a1

NOTA: *Con motivo de la entrada en vigor del CPR, en la UE no se reconocen los ensayos de forma individual sino por la clase declarada por el fabricante. Cada clase se corresponde con un conjunto de ensayos. Si un cable cumple ensayos concretos que no se corresponden en su conjunto con alguna clase, esos ensayos no tienen validez en la UE. (Ver apartado 1.5. sobre Reglamento de Productos de Construcción (CPR) y afectación a los cables).

Es decir si por ejemplo adquirimos un cable "libre de halógenos" que no sea no propagador del incendio (cuestión relativamente frecuente en cables para detección de incendios o cables de aluminio) no cumplirá los requisitos reglamentarios, por no ser AS con clase C_{ca}-s1b,d1,a1, para ser instalado en un local de pública concurrencia e instalaciones de enlace.

Por favor cerciórese de que su cable es clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1 (y no simplemente "libre de halógenos") cuando así lo necesite para su instalación. Nuestros cables Afumex Class son todos AS con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 en cualquiera de sus versiones.

En resumen, todos los cables AS con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 son libres de halógenos, pero no todos los cables libres de halógenos son AS con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 como pide el REBT y el CPR.

Afumex Class (AS) → clase C_{ca}-s1b,d1,a1 → libre de halógenos
Libre de halógenos → ¿AS con clase C_{ca}-s1b,d1,a1?

Los cables AFUMEX CLASS 1000 V (AS) y AFUMEX CLASS 750 V (AS) son de alta seguridad. Aptos para instalaciones en locales de pública concurrencia, instalaciones de enlace, derivaciones individuales y locales con riesgo de incendio o explosión.

Los cables con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 son fácilmente reconocibles porque llevan esta inscripción en su cubierta o aislamiento.

NOTA: en las fichas de este catálogo se incluyen los ensayos de reacción al fuego que, aunque no se correspondan con las clases de referencia siguen teniendo validez para países que no son de la UE por ello figuran en color negro mientras que los propios del CPR (UE) aparecen en azul.

2.13.10. No instalar cables AS+ con Clase C_{ca}-s1b,d1,a1 en servicios de seguridad no autónomos en locales de pública concurrencia.

"Los servicios de seguridad no autónomos o servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50200 (IEC 60331-1) y tendrán emisión de humos y opacidad reducida." Esto reza el 4º párrafo del apartado f) del punto 4 de la ITC-BT 28. A lo que se refiere esta parte de la reglamentación es a la necesidad de garantizar los servicios de seguridad que no sean autónomos. En definitiva evitar que un incendio pueda cortocircuitar o romper algún conductor destinado a la alimentación de alarmas, bombas de extinción, ascensores, alumbrados de emergencia no autónomos, detectores, equipos de control de humo…

Tenemos que subrayar que los servicios de seguridad no autónomos y los servicios con fuentes autónomas centralizadas han de ser alimentados con cable tipo **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)** (resistente al fuego). Este tipo de cable, además de superar los ensayos propios de los cables AS (ver punto anterior) es también resistente al fuego. Pueden soportar incendios de 842 °C durante 120 minutos (máxima duración) según UNE-EN 50200. Y en caso de una situación de emergencia consecuencia de un siniestro con fuego tendremos cubiertas las necesidades técnicas y legales.

Los cables AS+ son de fácil identificación por su cubierta naranja y es importante tener en cuenta que pueden presentar diferentes composiciones de aislamiento y cubierta, así sus denominaciones genéricas pueden ser mRZ1-K, SZ1-K, … porque lo que se pide a estos cables es que superen unos ensayos de fuego concretos y no tener composiciones determinadas y por ello la denominación genérica más acertada es AS+.

Nuestros **AFUMEX CLASS FIRS (AS+)** de stock son mRZ1-K. Esta composición asegura la retirada de la cubierta sin desgarro del aislamiento, problema habitual en cables SZ1-K.

Los cables resistentes al fuego son de color naranja y con la inscripción (AS+).

En este catálogo puede encontrar unos esquemas de aplicación del cable AFUMEX CLASS FIRS (AS+) en las páginas iniciales.

Asegúrese que los cables resistentes al fuego que utilice sean clase C_{ca}-s1b,d1,a1, como piden el REBT y el CPR.

AS+ → AS (Clase C_{ca}-s1b,d1,a1) + resistencia al fuego (UNE-EN 50200 e IEC 60331-1)

2.13.11. Utilizar cables para servicios de seguridad no autónomos en locales de pública concurrencia que cumplen la norma UNE-EN 50200 (IEC 60331-1) pero no son clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1.

La reglamentación nos pide cables que cumplan los ensayos de los cables de alta seguridad (AS) con clase mínima Cca-s1b,d1,a1 y además sean resistentes al fuego segun UNE-EN 50200 (IEC 60331-1). Evidentemente y a la luz del REBT y el CPR, está claro que sería un contrasentido que no se exigiera a los cables resistentes al fuego los ensayos que se piden a los cables del resto de estas instalaciones siendo, como es, posible técnicamente.

Hacemos esta puntualización para que el lector no olvide comprobar que sus cables para seguridad superan todos los ensayos de los cables AS+ con clase C_{ca}-s1b,d1,a1 que detallamos a continuación:

No propagación de la llama:		UNE-EN 60332-1-2	Clase C_{ca}-s1b,d1,a1 (AS) → (AS+)
No propagación del incendio:		UNE-EN 50399	
Reducida acidez:	Libre de halógenos	UNE-EN-60754	
	Reducida emisión de gases tóxicos		
	Nula emisión de gases corrosivos		
Baja emisión de humos:		UNE-EN 50399	
Baja opacidad de humos:		UNE-EN 61034-2	
Baja emisión de calor:		UNE-EN 50399	
Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:		UNE-EN 50399	
Resistencia al fuego:		UNE-EN 50200	

Por favor, fíjese en lo que aquí le contamos. Un cable resistente al fuego segun UNE-EN 50200 que, no supere todos los ensayos anteriores, no es AS+ y por tanto no es apto para ser instalado en locales de pública concurrencia para alimentación de servicios de seguridad no autónomos. No cumpliría lo que pide la reglamentación. De una forma sencilla se puede comprobar que el cable es el indicado puesto que llevará en la cubierta la marca AS+ y la clase C_{ca}-s1b,d1,a1, como nuestro

AFUMEX CLASS FIRS (AS+)

Los cables resistentes al fuego son de color naranja y con la inscripción (AS+).

2.13.12. Pensar que en industrias no es obligatorio instalar cables tipo Afumex Class (AS).

Al margen de las consideraciones de la ITC-BT 28 del REBT, desde el 17 de enero de 2005 está en vigor el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RD 2267/2004) en cuyo anexo II, apartado 3.3 podemos leer "Los cables deberán ser no propagadores del incendio y con emisión de humo y opacidad reducida". Es decir, una vez más nos encontramos con la obligación de utilizar cables tipo Afumex Class (AS), esta vez en los emplazamientos industriales.
Recomendamos consulte el citado Real Decreto.
La guía de utilización del RD 2267/2004 aclara que se refiere a los cables situados en los falsos techos y suelos elevados en industrias. Es decir, emplazamientos que precisen registro industrial. Muy importante el detalle de que la exigencia abarca todo tipo de cables (no solo de BT sino también comunicaciones) pues no se trata ahora de una prescripción del REBT.

2.13.13. Instalar RV-K en redes aéreas de alumbrado exterior.

La ITC-BT 09 del presente Reglamento Electrotécnico para BT en su apartado 5.2.2. nos dice que las redes aéreas de alumbrado exterior se deben realizar según los sistemas y materiales contemplados en la ITC-BT 06 (Redes aéreas para distribución en BT). Nos vamos a dicha ITC y en el primer párrafo del apartado 1.1.1. nos dice textualmente "Los conductores aislados serán de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y deberán satisfacer las exigencias especificadas en la norma UNE 21030."
Es decir, las redes aéreas de alumbrado exterior se deben realizar con cable RZ de Cu

(ver POLIRRET FERIEX CPRO).

No se acepta la utilización para estas instalaciones de intemperie de los cables tipo RV-K, RV, VV-K o RZ1-K (AS) que están diseñados según UNE 21123 y no se someten a los severos ensayos a los que están sometidos los cables POLIRRET FERIEX CPRO.

El REBT obliga a la instalación de cables tipo POLIRRET FERIEX CPRO (RZ) en redes aéreas para alumbrado exterior.

2.13.14. Emplear cables que no sean clase C_{ca}-s1b,d1,a en lugares con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX).

La norma UNE 20432-3 aparece en el apartado 9.2 de la ITC-BT 29. (Requisitos de los cables para locales con riesgo de incendio o explosión).

Esta norma ya no aparece en catálogos modernos de cable porque ha sido anulada y sustituida por las de la serie UNE-EN 60332-3.

Pero además la entrada en vigor del Reglamento de Productos de Construcción (CPR) ha obligado a que los cables no propagadores del incendio deban superar la clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1 que cumplen nuestros cables Afumex (AS).

Los cables de stock AFUMEX CLASS 750 V (AS), AFUMEX CLASS 1000 V (AS) y AFUMEX CLASS ATEX (AS) de Prysmian tienen clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1 que exige el REBT para emplazamientos con riesgo de incendio o explosión.

Es importante comprobar que el cable que instalamos en estos locales con riesgo de incendio o explosión es adecuado a esta exigencia del REBT y CPR. Recomendamos se interesen por ello siempre. Prysmian lo garantiza para todas las secciones de nuestro stock en las mencionadas líneas de producto.

Se ruega tener en cuenta el sistema de instalación aceptado para cada tipo de cable (pto.9.2, ITC-BT 29, REBT).

Es posible encontrar cables convencionales que superen el ensayo de no propagación del incendio pero no sean clase C_{ca}-s1b,d1,a1 o superior. Es ilegal la instalación de tales cables en zona ATEX ya que sólo se reconocen en la UE las clases de reacción al fuego y no otros ensayos fuera de tal categorización. Igualmente un cable de clase E_{ca} que supera además el ensayo de no propagación del incendio UNE-EN 60332-3-24 no es apto para zona ATEX por tener una clase inferior a la indicada C_{ca}-s1b,d1,a1.

NOTA: la directiva ATEX 137 (99/92/CE) traspuesta al ordenamiento jurídico español a través de RD 681/2003 señala los requerimientos mínimos para la mejora de la protección de la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas. La clasificación de zonas de la directiva ATEX 137 (RD 681/2003) y la ITC-BT 29 del REBT son coincidentes.

2.13.15. Utilizar cables inadecuados para instalaciones permanentemente sumergidas.

Para servicios permanentemente sumergidos existen varias posibilidades:

a) Para alimentación de bombas sumergidas para elevación de aguas de pozos o sumersión en agua (dulce o salada) en general: cable FLEXTREME MAX (UNE 21150 y UNE-EN 50525-2-21) que es tipo DN-F y H07RN-F. En caso de aguas fecales, productos químicos, aceites... consultar a Prysmian.

b) Para agua natural hasta 10 m de profundidad y hasta 40 °C de temperatura: cable H07RN8-F.

c) Para agua potable:consultar cable Hydrofirm.

d) Para aguas residuales: consultar cable Tecwater.

Sólo diseños específicos como el HYDROFIRM de Prysmian están garantizados para ser sumergidos en agua potable, cumpliendo los requerimientos sanitarios franceses (ACS) y alemanes (KTW).

Por consiguiente, NO se pueden utilizar para servicios sumergidos permanentes los siguientes tipos de cable entre otros:

RV-K: el punto 5 de su norma de diseño (UNE 21123-2) contiene su guía de utilización en la que no se recoge su aptitud para alimentación de bombas sumergidas.

DN-K: a pesar de ser un cable de goma no contempla en sus utilizaciones el servicio sumergido permanente. Al ser un cable para servicios fijos (-K) sus espesores de aislamiento (EPR) y cubierta (neopreno) son menores que los de los cables H07RN-F, DN-F, H07RN8-F y DN-F.

H07RN-F: igualmente es un cable de goma con espesores de cubierta y aislamiento superiores a los DN-K pero en su guía de utilización (UNE-EN 50565-2) no se contempla la aceptación del uso para situaciones que impliquen inmersión permanente al agua. " Si bien es adecuado para alimentar bombas sumergibles, es decir, para alimentar las bombas de achique de aguas en las que el cable se sumerge solo temporalmente, actualmente este uso ya no está contemplado entre sus recomendaciones de utilización (ver tabla 3B de UNE-EN 50565-2).

NOTA: el cable FLEXTREME MAX es tipo H07RN-F y DN-F por eso es apto para instalación permanentemente sumergida.

Las normas lo dejan claro, ni los RV-K, ni los DN-K, ni los H07RN-F están permitidos en servicios sumergidos permanentes. Por eso existen diseños como el H07RN8-F, DN-F Hydrofirm o Tecwater, destinados a tales ambientes.

2.13.16. Agrupar las mismas fases en instalaciones de conductores en paralelo y no tener en cuenta el desequilibrio de impedancias que se produce.

Cuando se realiza una instalación con varios conductores por fase no hay que olvidar:

1.- A efectos de cálculo debemos aplicar un coeficiente de corrección no superior a 0,9 para compensar los posibles desequilibrios de intensidades entre los cables conectados a la misma fase. (UNE 20435 aptdo. 3.1.2.3).

2.- A la hora de realizar la instalación debemos emplear conductores del mismo material, sección y longitud, no tener derivaciones a lo largo de su recorrido y además los cables se han de agrupar en ternas al tresbolillo en uno o varios niveles:

En un nivel: $R^S T$ $T^S R$ $R^S T$ $T^S R$...
En varios niveles: $T^S R$ $R^S T$ $T^S R$...

La norma UNE-HD 60364-5-52 recoge en su anexo H muchos ejemplos de agrupamiento incluyendo la correcta colocación del neutro.

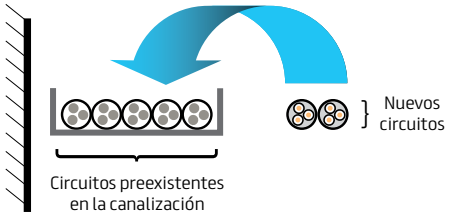
(ITC-BT 07 apartado 2.1.6.). (*Ver punto 2.14.8. sobre colocación de neutros y ver UNE-HD 60364-5-52, anexo H*).

2.13.17. Instalar cables sobre canalizaciones de cables preexistentes y no reducir las intensidades de los cables ya instalados.

En muchas ocasiones se aprovechan canalizaciones de cables en funcionamiento para realizar nuevos tendidos con objeto de alimentar a nuevos receptores. Es evidente que sí, por ejemplo, tenemos circuitos activos por una bandeja, este sea el recorrido más cómodo a seguir para nuevos cables, pero hay que tener en cuenta que el agrupamiento

los de nuevo tendido como los ya instalados con anterioridad). Esto implica realizar comprobaciones numéricas y ser consecuente con ellas u optar por un recorrido de los nuevos cables que no influya en los ya existentes.

(*Ver apartados 2.14.1., 2.14.2. y 2.14.3.*).



2.13.18. Tomar valores de i tensidades directamente de fichas sin advertir las diferentes condiciones estándar de instalación.

Como continuación a lo explicado anteriormente reparamos en explicar un caso que es causa de consultas frecuentes en especial en relación a las intensidades admisibles estándares de los cables según diferentes normas.

Lo vemos con un ejemplo:

Obtengamos el valor de intensidad admisible para cable tipo AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) 1x240 directamente enterrado en instalación trifásica.

El valor de referencia legal en general (salvo para redes de distribución) el que figura en la norma UNE-HD 60364- 5-52 con las siguientes condiciones estándar:

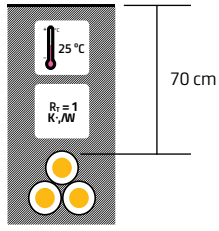
Temperatura del terreno: 25 °C
Profundidad de instalación: 70 cm
Resisitividad térmica del terreno: 2,5 K·m/W

En la tabla resumida C.52.2 bis encontramos que son 261 A. Mientras que si vamos a la ITC-BT 07 del REBT (sólo válida para redes de distribución) vemos que el valor es de 430 A. Este valor está extraído de la norma UNE 20435, anulada hace años.

La explicación a esta enorme diferencia está en las condiciones de cálculo de tales valores. La ITC-BT 07 considera como resistividad térmica del terreno estándar 1 K·m/W y la norma UNE-HD 60364-5-52 toma un valor menos optimista y más realista, 2,5 K·m/W como hemos visto. Mayor resistividad térmica es causa de peor disipación del calor generado por efecto Joule en los conductores, lo que obliga a descargarlos convenientemente. Para ello existe el coeficiente de corrección por resistividad térmica del terreno (en tabla 7 de la ITC-BT 07 y tabla B.52.16 de UNE-HD 60364-5-52).

Aplicando dichos coeficientes podemos obtener valores más "similares" de intensidades admisibles:

1 K.m/W:
UNE-HD 60364-5-52 • 261 A x 1,5 ≈ 392 A
ITC-BT 07 (UNE 20435, anulada) • 430 A



2,5 K.m/W:
UNE-HD 60364-5-52 • 261 A
ITC-BT 07 (UNE 20435, anulada) • 430 A x 0,68 = 292 A
Si se tratara de corriente monofásica o continua recurrimos a la tabla C.52.2 bis (XLPE2 por tratarse de 2 conductores cargados) de UNE-HD 60364-5-53 y para los valores de la ITC-BT 07 sólo tenemos que multiplicar por 1,225 ($=\sqrt{3/2}$) y obtenemos...

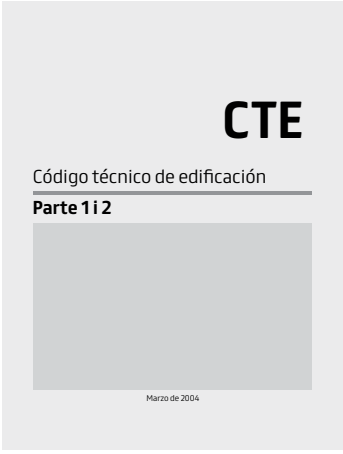
1 K.m/W:
UNE-HD 60364-5-52 • 309 A x 1,5 = 464 A
ITC-BT 07 (UNE 20435, anulada) • 430 A x 1,225 = 527 A

2,5 K.m/W:
UNE-HD 60364-5-52 • 309 A
ITC-BT 07 (UNE 20435, anulada) • 430 A x 0,68 x 1,225 = 358 A

Por ello, cuando se dan intensidades admisibles en una ficha de cable, y antes de comparar con otras, lo adecuado es que se refleje la norma de referencia para ese valor y las condiciones de instalación, si no, siempre puede haber grandes discrepancias. Vemos que ya las hay incluso en las mismas condiciones.

NOTA: Actualmente el cambio de factor de corrección por resistividad térmica cuando el cable va directamente enterrado hace que las intensidades sean más congruentes entre diferentes normas. Hasta la aparición de la norma UNE-HD 60364-5-52 el factor de corrección, según la norma antecesora de referencia UNE 20460-5-523, por pasar resistividad térmica estándar 2,5 K·m/W a 1 K·m/W era de 1,18, lo que nos llevaba a disparidades del 40 % a pesar de considerar las mismas condiciones de instalación. Actualmente como hemos visto tal coeficiente es de 1,5 lo que aminora la discrepancia a niveles más "razonables".

2.13.19. Olvidar la exigencia de cables Afumex por parte del CTE.



El artículo 11 del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006) contempla las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio, según las cuales los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio se limite el riesgo de propagación por el interior y exterior del edificio, se garantice la evacuación de ocupantes y se facilite la intervención de los bomberos. Tales exigencias se ven satisfechas mediante la instalación de cables Afumex que por su alta ignifugación y su baja emisión de humos, calor, gotas incandescentes, gases tóxicos y gases corrosivos son el producto adecuado a la normativa. Otros cables tipo RV-K, RV, VV-K, H07V-K, H07V-U... están fuera de las exigencias básicas en caso de incendio.

Por lo tanto, con carácter general, donde el riesgo de incendio no sea despreciable se deben emplear cables de alta seguridad tipo AFUMEX CLASS (AS).

Al tener su propia reglamentación de incendios, las industrias no estarían sometidas a esta exigencia del CTE *(ver ámbito de aplicación del DB-SI)* pero sí a las del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) *ver punto 13.*

Industria se considera toda actividad que precise de registro industrial.

2.13.20. Pretender utilizar cables resistentes al fuego con conductores de aluminio.

En el apartado 4. f. 4º párrafo de la ITC-BT 28 del Reglamento Electrotécnico para BT (RD 842/2002) se fijan las condiciones que han de cumplir los cables para alimentar servicios de seguridad no autónomos o servicios con fuentes autónomas centralizadas (cables resistentes al fuego). Tal y como refleja el citado párrafo deben superar el ensayo de la norma UNE-EN 50200 (IEC 60331-1) que exige soportar una temperatura de 842 ºC sin pérdida de la continuidad de suministro (los cables AFUMEX CLASS FIRS (AS+) de Prysmian soportan el máximo tiempo contemplado en la norma, 120 minutos). Es decir, sin cortocircuito ni discontinuidad en los conductores.

El aluminio es un metal cuyo punto de fusión se sitúa en torno a los 660 ºC, por ello este metal no se emplea como conductor en cables resistentes al fuego. El cobre funde a una temperatura de 1087 ºC y es por ello el metal conductor con el que se fabrican los cables con resistencia intrínseca al fuego tipo AFUMEX CLASS FIRS (AS+).

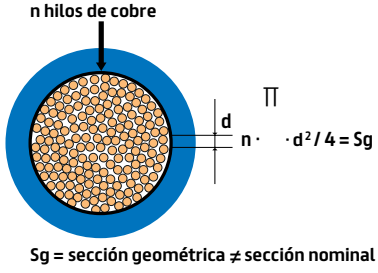
Los conductores de los cables resistentes al fuego deben ser de cobre.

Los cables resistentes al fuego de utilización según el REBT superan además otros ensayos de fuego relativos a la resistencia a la propagación del fuego, baja emisión de gases tóxicos, de calor, de humos y de partículas incandescentes, además de, nula emisión de gases corrosivos. Se caracterizan por la coloración naranja de su cubierta (preferente en su norma de diseño UNE 211025) y por incluir en su marcado las siglas (AS+). Los materiales utilizados en aislamiento y cubierta no quedan fijados en la norma de diseño porque se prioriza la funcionalidad del cable por superar los ensayos propios de los cables resistentes al fuego AS+.

2.13.21. Considerar que la sección geométrica de los cables es igual que la sección eléctrica.

La norma UNE-EN 60228 (Conductores de cables aislados) (IEC 60228) incluye el concepto de sección nominal como "valor que identifica una medida particular del conductor pero que no está sujeto a medida directa". Añadiendo una nota que dice: "A cada medida particular de conductor de esta norma corresponde una exigencia de valor máximo de la resistencia".

Es decir, nos debe quedar claro que el valor de la sección que todos conocemos (2,5; 4; 6; 10; etc.) se refiere a un valor máximo de resistencia y no a un valor concreto, y mesurable con un calibre, de sección geométrica de conductor. De esta forma la normativa nos asegura lo que realmente nos interesa y es que el cable no va a superar un valor de resistencia eléctrica concreto para cada sección, independientemente de que su cobre o aluminio sea de mejor o peor calidad.



Sg = sección geométrica ≠ sección nominal

Ver apartado 2.14.13. para conocer la correspondencia entre sección eléctrica y resistencia máxima admisible según UNE-EN 60228.

2.13.22. Utilizar conductores aislados para tendidos en bandejas.

Si miramos la definición 36 del REBT (ITC-BT 01) nos dice textualmente que un conductor aislado es un conjunto que incluye el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas. Cuando un conductor aislado no tiene pantalla es un conductor eléctrico con un forro que hace de aislamiento, como es el caso de los cables tipo AFUMEX CLASS 750 V (AS) o los WIREPOL CPRO FLEX. En la definición 13 de la misma ITC-BT 01 encontramos que una bandeja es un material de instalación constituido por un perfil, de paredes perforadas o sin perforar, destinado a soportar cables y **abierto en su parte superior.**

Si ojeamos la tabla 1 de la ITC-BT 20 veremos que no se acepta el sistema de instalación formado por conductores aislados en bandejas. Tal rechazo es entendible puesto que estaríamos exponiendo sin protección conductores que sólo tienen una capa que los "protege", aunque su función principal es aislar. De hecho en esta misma tabla podemos ver que los cables con cubierta si están aceptados para su instalación en bandeja, porque se trata de cables con aislamiento y además una cubierta adicional para protección mecánica .

(tipo AFUMEX CLASS 1000 V (AS) o RETENAX CPRO FLEX por ejemplo).

De esta forma el conductor está protegido contra eventuales agresiones mecánicas que pudiera sufrir.

Al no tener cubierta de protección mecánica (cubierta), sino solo aislamiento, los conductores aislados no se pueden instalar en bandeja.

2.13.23. Instalar cables apantallados con trenza de cobre cuya cobertura es ilegalmente insuficiente.

Actualmente las normas de diseño de los cables de 0,6/1 kV establecen claramente las exigencias mínimas para las diferentes tipologías de pantallas para garantizar una correcta compatibilidad electromagnética.

Cuando elegimos un cable apantallado para nuestra instalación es recomendable comprobar la calidad de la pantalla. Es especialmente frecuente encontrar en el mercado cables de energía para BT con pantallas de trenza de cobre con coberturas escasas del 40% (cuya efectividad es la mitad que en cables al 60%) o inferiores. En este sentido conviene recordar que las normativas actuales exigen ya una cobertura mínima del 60% tanto para los cables tipo BLINDEX PROTECH 1000 V (AS), como para cables para alimentación de motores con variadores de frecuencia AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS).

Las normas exigen cobertura mínima del 60% en las pantallas de trenza de cobre.

NOTA: no confundir la cobertura de una pantalla con trenza de cobre con la cobertura de una pantalla con cinta/s de cobre o aluminio. Esta última siempre es del 100 %. Un apantallamiento mixto (trenza + cinta/s) tendrá por tanto cobertura del 100 % (no confundir con efectividad del 100 %, es decir, con cero interferencias) y **en todo caso la trenza deberá cubrir al menos el 60 % del espacio como exigen las normas**. Las pantallas de trenza de cobre suelen ser mejor barrera contra las interferencias de baja frecuencia y las pantallas de cinta contra las de alta frecuencia, pero la combinación de ambas, por si solas, no garantiza el 100% de efectividad (cero interferencias).

2.13.24. No emplear cables con cubierta resistente a hidrocarburos en emplazamientos en que es necesario.

Existen determinados locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) debido a la presencia de sustancias inflamables. En tales casos la ITC-BT 29 del REBT prevé la utilización de unos sistemas de instalación especiales basados en cables que han de ser siempre no propagadores del incendio (clase C_{ca}-s1b,d1,a1) y en caso de no instalarse bajo tubo o canal de características especiales deben, además, ser armados con hilos de acero galvanizado *(ver apartado 9.2 de ITC-BT 29)*.

Es muy usual encontrar este tipo de ambientes inflamables en amplazamientos donde se fabrican, procesan, manipulan, tratan, utilizan o almacenan hidrocarburos. Lo que nos lleva a la conclusión de que el cable idóneo para instalar sin protección de canal o tubo especial, deba además, ser armado con hilos de acero galvanizado, resistente a hidrocarburos en su cubierta interior y exterior (2RH). Tal es el caso del cable AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) de stock, que supera el ensayo UIC 895 OR tanto en cubierta exterior como en la interior.

El AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) está pensado para ser instalado en zonas ATEX (atmósferas explosivas) por ser armado con hilos de acero galvanizado y ser clase C_{ca}-s1a,d1,a1. Además su resistencia a hidrocarburos en en las cubiertas interna y externa (UIC 895 OR) le convierten en el cable idóneo para la industria petroquímica.

2.13.25. Utilizar cables con armadura de flejes en locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX).

En el punto 9.2 de la ITC-BT 29 del REBT se recogen los sistemas de instalación aceptados para locales con riesgo de incendio o explosión.

Los cables a emplear en los sistemas de cableado en los emplazamientos de clase I y clase II serán:

En instalaciones fijas:

• Cables de tensión asignada mínima 450/750V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables; instalados bajos tubo (según 9.3. *de ITC-BT 29*) metálico, rígido o flexible conforme a norma UNE-EN 50086-1.

• Cables construidos de modo que dispongan de una protección mecánica, se consideran tales:

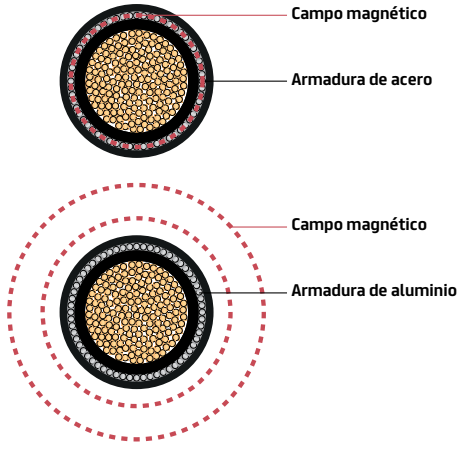
• Los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica, según UNE 21157 parte 1*.

• Los cables armados con alambre de acero galvanizado y con cubierta externa no metálica, según la serie UNE 21123.

*Los cables con aislamiento mineral y cubierta metálica no son de habitual fabricación.

El último párrafo nos dice que si los cables no van a ser protegidos con tubos o canales de propiedades concretas, por ejemplo si se instalan en bandejas o grapados a la pared, deben estar dotados de una armadura de hilos de acero galvanizado [tipo AFUMEX CLASS ATEX (AS)] por lo que excluye otros tipos de armadura como los flejes de acero o aluminio o flejes corrugados.

NOTA: Recordamos que los cables unipolares sólo pueden armarse con materiales amagnéticos como el aluminio para evitar que el campo magnético que circulará a su alrededor cuando sea recorrido por la corriente se aloje en la armadura y el cable se recaliente además de provocar otros efectos indeseados como un aumento de la caída de tensión. Existen aceros inoxidables no magnéticos que se emplean para armar cables unipolares para corriente alterna, pero son caros. Para corriente contínua se pueden emplear armaduras de aceros convencionales (ferromagnéticos) y no se originan pérdidas en ellos.



2.13.26. No instalar cables adecuados para alimentación de motores con variadores de frecuencia.

El diseño de los cables tipo Varinet para interconexión entre variadores de frecuencia y motores, recomendación de la norma IEC 60034-25, es fundamentalmente debido a la disposición simétrica de los conductors de fase y el de protección. Este último está dividido en tres conductores iguales situados entre cada 2 fases para compensar simétricamente las inducciones de las fases y que se anulen.

Los cables tipo AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS) están diseñados para interconexión de variadores de frecuencia con motores.

Cuando la potencia del motor sea baja (hasta secciones de 10 mm2 para los conductores) se pueden emplear cables apantallados con trenza de cobre con cobertura mínima del 60% o superior como los BLINDEX PROTECH 1000 V (AS). Es muy importante una buena cobertura de pantalla en el cable, reduciremos las emisiones electromagnéticas de la línea y, por disponer de mayor sección de pantalla, la impedancia de transferencia será reducida. (Las normas de diseño obligan una cobertura mínima del 60%). En este caso el conductor de protección forma también parte del cable de alimentación (3 fases + conductor de protección) pero ya no está repartido simétricamente sino que está dispuesto bajo de la cubierta del cable como un conductor más, adyacente a las fases y con su aislamiento amarillo y verde.

NOTA: Se recomienda consultar las indicaciones del fabricante del variador. No seguir las indicaciones adecuadas y no instalar el cable necesario puede suponer una desadaptación de impedancias entre el cable y el motor, provocando corrientes vagabundas que erosionen sus superficies de trabajo, acortando vertiginosamente la vida útil del motor.

2.13.27. Usar cables sin ensayos bajo normas específicas para instalaciones fotovoltaicas.

Cuando se ejecuta una instalación fotovoltaica no podemos olvidar la decisiva acción de la intemperie. Existen cables como el PRYSMIAN PRYSOLAR y el TECSUN, especialmente diseñanos para sorportar altas y bajas temperaturas, la acción solar, la humedad, la acción del ozono, la acción de sustancias químicas (industrias). Aptos para doble aislamiento, ensayados bajo normas con vida útil prolongada. Además, están diseñados para sevicios móviles (seguidores). A la hora de elegir un cable para instalación fotovoltaica no se deben valorar por igual cables con garantías y ensayos rigurosos o cables convencionales o incluso algún cable que, sin ser convencional, no haya sido adecuadamente testado bajo normas. Rogamos siempre se haga una comparativa de ensayos y garantías del fabricante para decidir el cable que se va a emplear.

El cable PRYSMIAN PRYSOLAR tiene larga vida útil en condiciones severas de una instalación fotovoltaica.

2.13.28. No emplear el cable con conductor de aluminio correcto cuando se debe instalar en local de pública concurrencia o instalación de enlace.

Actualmente el REBT, una vez adaptado al CPR, exige que los cables para locales de pública concurrencia o instalaciones de enlace sean de la clase de reacción al fuego mínima Cca-s1b,d1,a1. Por ello, si se elige cable con conductor de aluminio debe elegirse el AL AFUMEX CLASS (AS). La clase se puede leer en la cubierta del cable y además es de color verde, no ofrece dudas.

El cable AL AFUMEX CLASS (AS) tiene cubierta verde y la clase C_{ca}-s1b,-d1,a1 inscrita.

Típicamente en stock podemos encontrar cables tipo AL XZ1 (S) cuya clase de reacción al fuego es Eca (color de cubierta negro) y por lo tanto no válida para las líneas de la ITC-BT 28 (pública concurrencia), 14 (líneas generales de alimentación) o 15 (derivaciones individuales).

La aclaración parece obvia pero es necesaria porque la generalizada calificación coloquial a los cables para las instalaciones citados como "libres de halógenos" ha llevado a numerosas equivocaciones puesto que en general se podría decir que los cables libres de halógenos de más común uso son clase C_{ca}-s1b, d1,a1 pero existen excepciones como la comentada.

Para evitar errores es mejor asegurar la clase de reacción al fuego que se va a necesitar en la línea en cuestión. En España es bastante sencillo porque en BT se exige clase mínima $\mathbf{E_{ca}}$ para las instalaciones en general (salvo cables trenzados para redes aéreas que vale la clase $\mathbf{F_{ca}}$) y en el resto de casos (locales de pública concurrencia, ITC-BT 28, instalaciones de enlace, ITC-BTs 14, 15 y 16, y locales con riesgo de incendio o explosión, ITC-BT 29)* se deben instalar cables tipo Afumex Class (AS) con clase C_{ca}-s1b, d1,a1. Igualmente corresponde esta última clase a las instalaciones en industrias que discurran por falsos techos y suelos elevados (R.D. 2267/2004).

2.13.29. No conocer todos los factores de los que depende la intensidad admisible de un cable.

La intensidad que soporta un cable depende de una serie de factores, sin embargo se suelen obviar muchos de ellos y en consecuencia la sección de conductor elegida puede ser errónea con facilidad.

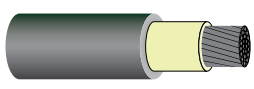
* Sin obviar disposiciones autonómicas (p.e. la Comunidad de Madrid exige también clase C_{ca}-s1b,d1,a1 en viviendas y edificios de viviendas, y en locales con presencia de público (independientemente de su aforo).

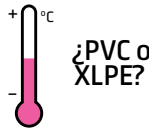
Tal y como están planteadas las normas que recogen las intensidades admisibles para cables de BT es necesario considerar una serie de detalles de los tendidos ya que influyen en la intensidad máxima que pueden recorrer los conductores. Todos estos detalles tienen influencia en la generación y disipación de calor por el calentamiento producido en los conductores por efecto Joule. En este caso vamos a centrarnos sólo en un factor influyente, el sistema de instalación, que es el que más se suele olvidar cuando alguien se plantea saber la intensidad máxima que puede soportar un cable.

Comencemos repasando fugazmente los factores que influyen en la intensidad que soportan los conductores:

1. Naturaleza del conductor: un conductor de cobre, por ser menos resistivo, soporta más intensidad en las mismas condiciones que otro de aluminio de la misma sección.

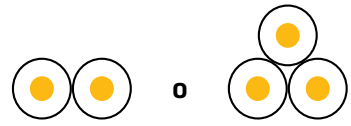
• 2. Límite térmico del aislamiento en régimen permanente: si el aislamiento es termoestable (90 °C) soporta más intensidad que si es termoplástico (70 °C). En el apartado 2.1. de este catálogo se recoge una lista que diferencia entre ambos tipos de cables.



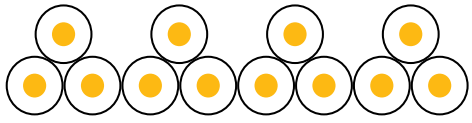


¿PVC o XLPE?

• 3. Corriente trifásica o monofásica/continua: si una línea tiene 3 conductores activos (trifásica), cada conductor soportará menos intensidad que si es monofásica o continua (dos conductores activos). En este último caso las "fuentes" de calor son sólo dos.

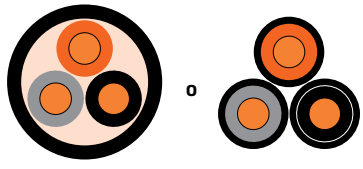


• 4. Agrupamiento con otros circuitos: cuando un circuito forma parte de un agrupamiento debe reducir su intensidad admisible por tener focos de calor en su entorno.

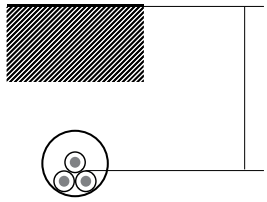


• 5. Temperatura ambiente: las tablas de intensidad admisible están pensadas para 40 °C a la sombra para instalaciones al aire y 25 °C para instalaciones enterradas (en España). Si la temperatura ambiente es mayor, la intensidad se ha de reducir y si es menor se puede ampliar.

• 6. Cable unipolar o multiconductor: algunos sistemas de instalación hacen distinción entre ambos tipos de cables otorgando mayor intensidad de corriente a cables unipolares que a los multiconductores en los mismos tipos de tendidos. Al estar los conductores de estos últimos "abrazados" por una misma cubierta presentan algo peor ventilación del calor generado.



• 7. Profundidad de soterramiento (sólo cables enterrados): cables más cercanos a la superficie soportan ligeramente mayor intensidad por la mayor cercanía a la su ventilación. Es una influencia muy pequeña, en la norma UNE-HD 60364-5-52 de intensidades admisibles para instalaciones interiores o receptoras en BT ya no se considera factor de corrección por la profundidad de enterramiento.



•8. Resistividad térmica del terreno (solo cables enterrados: si la naturaleza del terreno impide una buena conducción del calor penalizará el tendido haciendo aumentar las secciones de conductor. Es decir, la alta resisitividad térmica del terreno impide una idónea evacuación del calor y una misma sección de conductor admitirá una corriente menor que si la resistividad fuera más baja.

• 9. Exposición al sol (solo instalaciones al aire): la acción solar directa sobre una línea también conlleva la aminoración de la intensidad admisible como cabe suponer. Como vemos no son pocos los factores de instalación que afectan a la intensidad admisible de un circuito. Muchos de ellos se obvian o se dan por supuestos pero todos entran en juego. Si bien el que suele ser en más ocasiones obviado de inicio es el sistema de instalación.

Es muy habitual ser consultados por intensidades admisibles de cables aportando la potencia, tensión nominal y algún dato más, sirva este artículo para incidir en la relevancia del sistema de instalación. Sin este dato no hay nada que hacer. No podemos emplear tablas para valores que asocien una corriente máxima a una sección de conductor porque dependerá de la situación en que vaya a ser instalado. Lo ilustramos con un ejemplo.

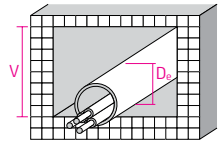
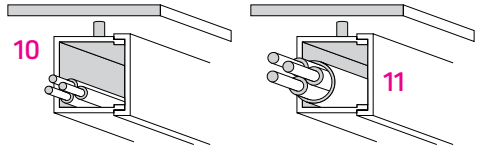
Supongamos cable tipo **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 1 x 70 mm² en tendido trifásico con los siguientes sistemas de instalación:

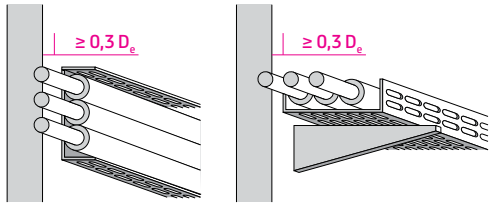
• 1. Bajo canal protectora fijada a una pared.

• 2. Bajo canal protectora pero suspendida (separada por tanto de cualquier pared, lo que permitirá una mejor evacuación del calor generado). Veremos como influye este matiz.

• 3. En bandeja perforada.

Observando la tabla de modos de instalación de la norma de intensidades admisibles UNE-HD 60364-5-52: 2014 vemos que los sistemas tipo a los que corresponden son B2, B1 y F respectivamente.

Elemento.	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
41		Conductores aislados en conductos circulares en hueco de construcción.	$1,5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ **B2** $V < 20\ D_e$ **B1**
10 11		Cable multiconductor en abrazaderas (canal protectora) suspendidas.	**B1**
		Conductores aislados en abrazaderas (canal protectora) suspendidas.	**B2**

Ref.	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas de cables perforadas.	E o F

Al tratarse del cable Afumex Class 1000 V (AS) y línea trifásica debemos acudir a la tabla de intensidades máximas admisibles entrando por la columna de la izquierda por el sistema tipo y llegando hasta la columna que contemple XLPE3. XLPE por ser AFUMEX CLASS 1000 V (AS) cable termoestable (máxima temperatura admisible en el conductor 90 °C en régimen permanente) y 3 por tener 3 conductores activos al ser tendido trifásico, supuestamente con buen equilibrio en las fases y sin influencia significativa de armónicos.

Método de instalación de la tabla 52-B2		Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)
	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35				95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50				116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70				148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95				180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120				207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150						247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185						281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240						330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

I_{70B2} = 178 A
I_{70B1} = 193 A
I_{70F} = 243 A

Podemos ver que hay significativa diferencia de intensidades admisibles para el mismo cable en función de la facilidad con que se evacua el calor generado en la línea. Así en bandeja perforada la ventilación es mayor que bajo canal protectora sobre pared (B2 • F), siendo también bastante menor el valor si se instalan los cables bajo tubo en hueco de construcción.

Esto demuestra que no se puede calcular una sección de conductor correctamente si no conocemos como va instalado ya que su influencia es muy importante en el resultado.

2.13.30. Interpretación del ámbito de aplicación del Reglamento CPR.

El artículo 2, punto 1 del CPR nos define producto de construcción como *cualquier producto o kit fabricado e introducido en el mercado para su incorporación con carácter permanente en las obras de construcción o partes de las mismas y cuyas prestaciones influyan en las prestaciones de las obras de construcción en cuanto a los requisitos básicos de tales obras.*

Parece fácil ver que la gran mayoría de los cables es producto de construcción por tratarse de elementos a incorporar permanentemente a las obras de construcción.

En el punto 3 del mismo artículo leemos que se entiende por obras de construcción las *obras de edificación* y de ***ingeniería civil***. Con lo que vemos que el ámbito de aplicación del CPR no está limitado a los edificios solamente sino también a las obras de ingeniería civil como son las infraestructuras (redes de distribución, redes de alumbrado, líneas de ferrocarril, autopistas, túneles...).

En relación a los cables y al ámbito de aplicación del CPR recordar también que la norma europea armonizada UNE-EN 50575 que especifica los requisitos de comportamiento de reacción al fuego cubre cables de energía, cables de control y comunicación y cables de fibra óptica. Es decir, no afecta sólo a cables de energía para Baja Tensión.
E igualmente el hecho de que el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT) no especifique exigencia de reacción al fuego a los cables no significa que los cables de MT o AT no se vean afectados por el CPR, sólo significa que vale cualquier clase de reacción al fuego, aunque sea la más baja (F_{ca}). Porque al ser, los cables de MT y AT, productos de construcción deben tener su clase de reacción al fuego asignada, declaración de prestaciones y marcado CE. Por otro lado, en buena lógica las normas de las principales compañías eléctricas exigen clases E_{ca} o C_{ca} -s1b, d2,a1 en algunos tipos de líneas.

2.13.31. Prescribir clases de reacción al fuego (CPR) que no existen.

Después de todo lo explicado en este catálogo sobre el Reglamento CPR es intuible que no se puedan prescribir clases de reacción al fuego que no existen. Pero advertimos al profesional para que sepa cuando una clase existe o no.
Observando el cuadro de clases de reacción al fuego podemos ver que a partir de la clase C_{ca} existe la posibilidad de ensayos adicionales. Bien, pues estos ensayos deben ser mencionados siempre en la clase de reacción al fuego.

2.13.32. Creer que los cables para centrales contra incendios han de ser de color rojo.

Los cables para centrales de detección y alarma no han de ser de color rojo por obligación, es más, la norma de diseño de referencia UNE 211025, en su punto 3.3.6., menciona que el color preferente ha de ser naranja como corresponde a cables resistentes al fuego (AS+).
Es por ello que el cable Afumex Class Firs Detec-Signal (AS+), diseñado según UNE 211025, presenta cubierta de color naranja.
Las instalaciones de protección contra incendios deben cumplir con la norma de diseño de instalaciones UNE 23007-14 ya que así se obliga en RD 513/2017 (Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, RIPCI). El RIPCI aplica tanto para establecimientos industriales como para CTE.
La UNE 23007-14, en su punto 6.11.2. indica que los cables resistentes al fuego deben cumplir con UNE 211025: Cables con resistencia intrínseca al fuego destinados a circuitos de seguridad.
El Afumex Class Firs Dectec-Signal (AS+) cumple con el REBT y el RIPCI y por ello su cubierta es de color naranja.

Afumex Class Firs Detec-Signal (AS+) resistente al fuego según la norma de ensayo UNE-EN 50200 (842 °C, 120 min) que prescribe la ITC-BT 28 del REBT y con cubierta de color naranja según su norma de diseño UNE 211025, la exigida por el RIPCI.

Prysmian
Group

2.14. Solución a situaciones particulares y frecuentes

2.14.1. Agrupaciones de cables en varias capas en bandejas

Con un ejemplo ilustramos la forma de proceder cuando se instalan cables en bandejas en varias capas.

Imaginemos que tenemos una bandeja perforada con 3 capas de 6 cables multiconductores trifásicos cada una. La tabla C.52.3 de la UNE-HD 60364-5-52 sólo nos habla de coeficientes de corrección para una única capa.

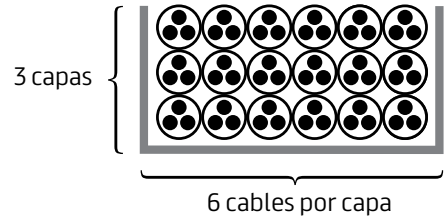


Tabla C.52.3 (UNE-HD 60364-5-52)

Punto	Disposición de cables	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
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	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa únia sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Lo más recomendable es utilizar capas únicas en las bandejas, pero a veces se aprovecha la canalización para colocar cables en varios niveles en contacto y conviene saber de que orden de magnitud se ve afectado el agrupamiento.

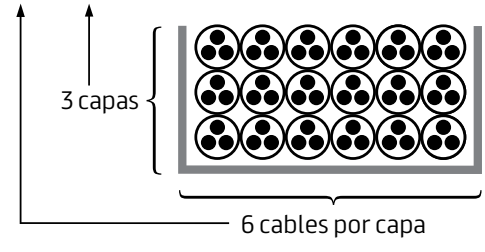
Como se desprende de la tabla, una capa de 6 cables supone aplicar un coeficiente de corrección 0,75. Veamos que coeficiente adicional tenemos que aplicar por tener 2 capas adicionales en contacto.

Recurriendo a la norma francesa NF C 15-100 parte 5-52 vemos que en la tabla 52 O (NF C 15-100 parte 5-52) aparecen los factores de corrección por número de capas de cada sistema de instalación de la tabla C.52.3 nuestra (52N en la norma francesa). La GUIA-BT 19 reproduce actualmente la misma tabla en el apartado 2.2.3.

Número de capas	2	3	4 ó 5	6 a 8	9 o más
Coeficiente	0,8	0,73	0,7	0,68	0,66

Lo que en nuestro ejemplo nos lleva al siguiente factor de corrección:

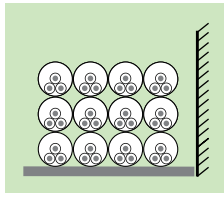
F= 0,75 x 0,73 = **0,5475**

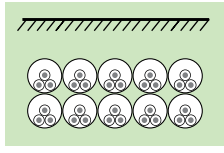


2.14.2. Agrupaciones de tubos en varias capas

En la norma francesa NF C 15-100 (tablas 52P y 52Q) y en el reglamento portugués (tabla 52-E3, ver a continuación) figuran tablas idénticas, con coeficientes de corrección para agrupación de tubos con conductores al aire, enterrados o embebidos en hormigón en varias capas horizontales. Posteriormente se incorporaron las mismas tablas a la GUIA-BT 19, pto. 2.2.3.

Número de conductos colocados verticalmente	Número de conductos colocados horizontalmente					
	1	2	3	4	5	6
Conductos al aire						
1	-	-	-	-	-	-
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68
Conductos enterrados o embebidos en hormigón						
1	-	-	-	-	-	-
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32





En este caso en una sola tabla tenemos el coeficiente apropiado en función del número de circuitos bajo tubo por capa y el número de capas. Hemos eliminado los coeficientes de corrección a aplicar en el caso de capa única porque lo tenemos en la citada tabla C.52.3 (UNE-HD 60364-5-52) y para tubos enterrados más expecificamente en la tabla B·52·19 de la misma norma.

Insistimos en la conveniencia de hacer las canalizaciones con una sola capa de conductos, no obstante en ocasiones las restricciones dimensionales llevan a sistemas de instalación con agrupamientos a los que hay que dar una solución adecuada.

2.14.3. Agrupaciones de varios circuitos bajo un mismo tubo o conducto (tablas de intensidades para el caso particular de cuadros eléctricos)

Sabemos que las normas nos dan los valores de intensidades admisibles cuando hay un circuito en un tubo, canal o conducto en general, pero se suele presentar la duda de que valor de intensidad tomar cuando son 2 o más circuitos los que comparten el mismo tubo o conducto.

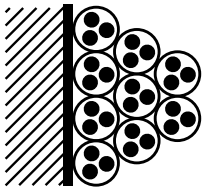
Poder dimensionar con cierta seguridad los conductores del interior de los cuadros eléctricos suele ser otro problema por la particularidad de la instalación, (muchos conductores cargados agrupados). En numerosas ocasiones hay agrupamientos de muchos conductores al aire o bajo algún tipo de canalización. Nuestra UNE-HD 60364-5-52 no deja claro que se debe hacer cuando tenemos muchos conductores en una sola canalización o agrupados al aire a modo de un haz o mazo de cables.

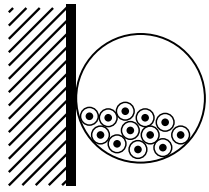
En la tabla C.52.3 sabemos que tenemos coeficientes para agrupamientos pero la terminología utilizada genera dudas (primera fila).

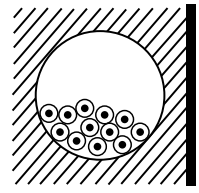
Tabla C.52.3 UNE-HD 60364-5-52

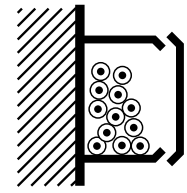
Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa únia sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

En alguna bibliografía de interés se explica más detalladamente que para agrupamientos en general de sistemas de instalación tipo A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E y F, es decir todos los sistemas de instalación, el coeficiente apropiado es el referido al punto 1 (primera fila).









Con esta explicación ya resulta más fácil poder tener valores para diferentes agrupamientos (mazos de cables) como los que se dan típicamente en el interior de los cuadros eléctricos o en agrupamientos de circuitos bajo canal protectora.

Por ejemplo si tenemos un haz de 36 cables **AFUMEX PANELES Flex** de 1 x 1,5 mm² agrupados en contacto bajo tubo o conducto en el interior de un cuadro eléctrico, podemos obtener un orden de magnitud bastante razonable del valor de la máxima intensidad admisible que puede circular por ellos.

El coeficiente de agrupamiento para 36 conductores unipolares es equivalente al de 12 circuitos trifásicos, por tanto de la tabla C.52.3 obtenemos 0,45.

El ambiente estándar que se puede considerar para el interior de los cuadros de 50 °C, con lo que tomando el coeficiente correspondiente de la UNE-HD 60364-5-52 (tabla B.52.14) tenemos 0,9 (respecto a los 40 °C del estándar al aire).

Tratándose de conductores unipolares bajo tubo o conducto en el interior de cuadros eléctricos podemos tomar por válido el método de referencia B1. Y por haber considerado circuitos trifásicos termoestables [AFUMEX PANELES Flex] tenemos XLPE3, que en la tabla de intensidades admisibles C.52-1 bis nos lleva a la columna 8b con una intensidad admisible de 17,5 A.

Ver tabla en la página siguiente.

Número de conductores con carga y naturaleza de aislamiento																			
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
D*																			
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35				95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50				116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70				148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95				180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120				207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150						247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185						281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240						330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

Por tanto la intensidad final máxima admisible en cada conductor del mazo será...

I = 17,5 x 0,45 x 0,9 = **7,1 A**
(*ver el valor remarcado en la tabla*)

Siguiendo lo explicado se han obtenido los valores de las siguientes tablas aplicables a cables instalados en cuadros, termoplásticos y termoestables, al aire y bajo tubo o conducto:

Aplicación de UNE-HD 60364-5-52

Cables **termoplásticos** (AFUMEX CLASS 750 V (AS), WIREPOL CPRO RÍGIDO, WIREPOL CPRO FLEX, SINTENAX CPRO 1000 V...)

Bajo tubo o conducto (Método B1)

Número de conductores	3	6	9	12	15	18	21	24	27	36	48	60
Coeficiente por temperatura 50 °C	0,82											
Coeficiente por agrupamiento	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
1 x 1,5	11,1	8,9	7,8	7,8	6,7	6,1	6,1	5,6	5,6	5,0	4,4	4,4
1 x 2,5	14,8	11,8	10,4	10,4	8,9	7,5	8,1	7,4	7,4	6,7	5,9	5,9
1 x 4	19,7	15,8	13,8	13,8	11,8	10,0	10,8	9,9	9,9	8,9	7,9	7,9
1 x 6	25,4	20,3	17,8	17,8	15,2	14,0	14,0	12,7	12,7	11,4	10,2	10,2
1 x 10	35,3	28,2	24,7	24,7	21,2	19,4	19,4	17,7	17,7	15,9	14,1	14,1
1 x 16	48,4	38,7	33,9	33,9	29,0	26,6	26,6	24,2	24,2	21,8	19,4	19,4
1 x 25	63,1	50,5	44,2	44,2	37,9	34,7	34,7	31,6	31,6	28,4	25,2	25,2
1 x 35	77,9	62,3	54,5	54,5	46,7	42,8	42,8	39,0	39,0	35,1	31,2	31,2

Al aire (Método C)

Número de conductores	3	6	9	12	15	18	21	24	27	36	48	60
Coeficiente por temperatura 50 °C	0,82											
Coeficiente por agrupamiento	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
1 x 1,5	11,9	9,5	8,3	8,3	7,1	6,5	6,5	6,0	6,0	5,4	4,8	4,8
1 x 2,5	16,4	13,1	11,5	11,5	9,8	9,0	9,0	8,2	8,2	7,4	6,6	6,6
1 x 4	21,3	17,0	14,9	14,9	12,8	11,7	11,7	10,7	10,7	9,6	8,5	8,5
1 x 6	27,9	22,3	19,5	19,5	16,7	15,3	15,3	14,0	14,0	12,6	11,2	11,2
1 x 10	37,8	30,2	26,5	26,5	22,7	20,8	20,8	18,9	18,9	17,0	15,1	15,1
1 x 16	51,7	41,4	36,2	36,2	31,0	28,4	28,4	25,9	25,9	23,3	20,7	20,7
1 x 25	67,2	53,8	47,0	47,0	40,3	37,0	37,0	33,6	33,6	30,2	26,9	26,9
1 x 35	82,8	66,2	58,0	58,0	49,7	45,5	45,5	41,4	41,4	37,3	33,1	33,1

Temperatura ambiente del interior del cuadro: 50º C.

NOTA: las tablas recogen los valores finales (con los coeficientes indicados ya aplicados).

Conductores **termoestables** (AFUMEX PANELES FLEX, AFUMEX CLASS 1000 V (AS), RETENAX CPRO FLEX...).

Bajo tubo (Método B1)

Número de conductores	3	6	9	12	15	18	21	24	27	36	48	60
Coeficiente por temperatura 50 °C	0,9											
Coeficiente por agrupamiento	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
1 x 1,5	15,8	12,6	11,1	11,1	9,5	8,7	8,7	7,9	7,9	7,1	6,3	6,3
1 x 2,5	21,6	17,3	15,1	15,1	13,0	11,9	11,9	10,8	10,8	9,7	8,6	8,6
1 x 4	28,8	23,0	20,2	20,2	17,3	15,8	15,8	14,4	14,4	13,0	11,5	11,5
1 x 6	36,9	29,5	25,8	25,8	22,1	20,3	20,3	18,5	18,5	16,6	14,8	14,8
1 x 10	51,3	41,0	35,9	35,9	30,8	28,2	28,2	25,7	25,7	23,1	20,5	20,5
1 x 16	69,3	55,4	48,5	48,5	41,6	38,1	38,1	34,7	34,7	31,2	27,7	27,7
1 x 25	90	72,0	63,0	63,0	54,0	49,5	49,5	45,0	45,0	40,5	36,0	36,0
1 x 35	111,6	89,3	78,1	78,1	67,0	61,4	61,4	55,8	55,8	50,2	44,6	44,6

Al aire (Método C)

Número de conductores	3	6	9	12	15	18	21	24	27	36	48	60
Coeficiente por temperatura 50 °C	0,9											
Coeficiente por agrupamiento	1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,4
1 x 1,5	18	14,4	12,6	12,6	10,8	9,9	9,9	9,0	9,0	8,1	7,2	7,2
1 x 2,5	24,3	19,4	17,0	17,0	14,6	13,4	13,4	12,2	12,2	10,9	9,7	9,7
1 x 4	32,4	25,9	22,7	22,7	19,4	17,8	17,8	16,2	16,2	14,6	13,0	13,0
1 x 6	41,4	33,1	29,0	29,0	24,8	22,8	22,8	20,7	20,7	18,6	16,6	16,6
1 x 10	56,7	45,4	39,7	39,7	34,0	31,2	31,2	28,4	28,4	25,5	22,7	22,7
1 x 16	76,5	61,2	53,6	53,6	45,9	42,1	42,1	38,3	38,3	34,4	30,6	30,6
1 x 25	97,2	77,8	68,0	68,0	58,3	53,5	53,5	48,6	48,6	43,7	38,9	38,9
1 x 35	119,7	95,8	83,8	83,8	71,8	65,8	65,8	59,9	59,9	53,9	47,9	47,9

Temperatura ambiente del interior del cuadro: 50º C.

NOTA 1: las tablas recogen los valores finales (con los coeficientes indicados ya aplicados).

NOTA 2: este apartado sólo pretende ser una orientación de intensidades admisibles en diferentes secciones de conductor en función de sus agrupamientos, tipos de aislamiento y sección de los mismos. Recordamos que el cálculo correcto de cuadros eléctricos comporta en general la resolución de un circuito térmico complejo, con fuentes, sumideros y resistencias térmicas, dispuestas en series y paralelos (ver UNE-EN 61439-1) para el que se suele emplear software específico.

2.14.4. Agrupación de varios circuitos en un mismo tubo o conducto enterrado

El REBT en su ITC-BT 20 pto. 2.2.3 nos remite a las ITC-BT 07 e ITC-BT 21 para la ejecución de tendidos soterrados. La ITC-BT 07 nos dice expresamente que en tendidos enterrados directamente no se instalará más de un circuito por tubo. No obstante, no debemos olvidar que actualmente las instalaciones soterradas que no son redes de distribución ya que están incluidas en la UNE-HD 60364-5-52, si a esto añadimos que la ITC-BT 21 en su pto. 1.2.4 incluye una tabla con diámetros de tubos para 6 o más conductores, tenemos algún argumento para justificar el tendido de varios circuitos por una misma canalización enterrada (problema que se suele plantear típicamente el instalaciones fotovoltaicas).

La norma española no contempla expresamente coeficiente de corrección cuando se instalan varios circuitos en un mismo tubo o conducto enterrado pero la tabla 52T de la norma francesa NF C 15-100 nos da los siguientes valores:

Número de circuitos o de cables multiconductores											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

No recomendamos, al menos cuando sea evitable, la instalación de varios circuitos en un mismo tubo o conducto por varias razones:

a. Las interpretaciones legales anteriormente expuestas.

b. A efectos de mantenimiento si hubiera que extraer uno o varios cables resulta difícil reponerlos cuando en el conducto ya existen otros cables.

c. Como se puede apreciar en la tabla los coeficientes de corrección por agrupamientos son muy exigentes. Con sólo dos circuitos ya hay que descargar un 29 % los conductores. Es decir, el calentamiento puede ser elevado si no se aplican coeficientes como los expuestos.

d. Extrictamente se podría decir que, el hecho de que la primera fila de la tabla C.52.3 sea de aplicación a instalaciones tipo de A a F, nos puede dar a entender que al estar todo tipo de agrupamiento considerado, esté también el que es objeto de este apartado.

Nota: Si observamos la tabla de la norma francesa podemos ver que los coeficientes resultan de aplicar la fórmula $1/\sqrt{n}$, siendo n el número de circuitos. Esta fórmula figura en el apartado B.52.5.1 de UNE-HD 60364-5-52 como factor de corrección de seguridad para la aplicación general.

2.14.5. Intensidad máxima para cables de uso provisional enrollados en tambor o bobina

Algunos servicios provisionales se prestan a veces con cables en bobinas de las que no se han desenrollado para no extender todo el cable cuando no es necesario. Lo que siempre es necesario es saber si el cable va a soportar la intensidad que se le va a pedir en esa particular situación.

La norma UNE 22585-2 (pto.5.2.4) de cables eléctricos para minas a cielo abierto contempla una tabla con coeficientes de corrección para cables en tambores. Las intensidades admisibles del cable deben ser multiplicadas por los factores de la siguiente tabla con objeto de reducir convenientemente la solicitación del cable. Un tambor con cable presenta un mismo circuito arrollado sobre si mismo de forma que hay una serie de vueltas de cable que se "abrazan" dificultando la disipación del calor generado por efecto Joule.

Número de capas	Factor de corrección
1	0,76
2	0,58
3	0,47
4	0,40
5	0,36*
6	0,27*
7	0,22*

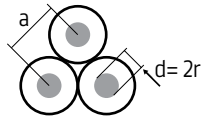
*Valores recomendados por Prysmian (no contemplados en la norma UNE 22585-2).

Es importante tener en cuenta lo reducidos que son los coeficientes de corrección lo que denota la importancia de considerarlos. Conviene no olvidar que la tendencia de calcular la reactancia inductiva por efecto bobina para calcular las caídas de tensión en estos casos es un error si se trata de circuitos arrollados monofásicos o trifásicos, dado que son circuitos completos y los efectos de cada conductor están compensados entre si con lo que no hay que considerar efecto solenoide. Si se trata de cables unipolares, el efecto inductivo si se tendrá en cuenta.

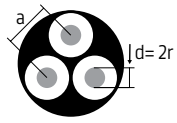
Aconsejamos, siempre que se pueda, desenrollar el cable totalmente. Los cables Protolon de Prysmian están especialmente diseñados para servicios móviles de muchos ciclos en tambores (para BT o MT).

2.14.6. Cálculo de la reactancia inductiva de circuitos con conductores a tresbolillo o dispuestos en una capa

Conductores a tresbolillo.



Tres cables unipolares



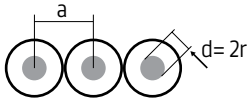
Un cable unipolar

→ $L = [4,6 \cdot \log(a/r) + 0,5] \cdot 10^{-4}$ [H/km]

En todos los casos las variables son:

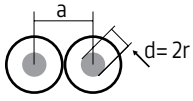
a: distancia entre ejes de los conductores en mm
(= diámetro exterior del cable cuando se trata de unipolares).
r: radio de conductor en mm

Tres conductores en un mismo plano



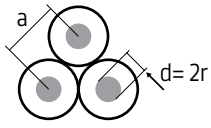
→ $L = [4,6 \cdot \log(a/r) + 0,96] \cdot 10^{-4}$ [H/km]

Dos conductores en bucle (ida y vuelta)



→ $L = [9,2 \cdot \log(a/r) + 1] \cdot 10^{-4}$ [H/km]

Ejemplo: si tuviéramos un tendido con 3 cables unipolares de cobre AFUMEX CLASS 1000 V (AS) de 1x95. Tomando los datos necesarios que aparecen en este catálogo:



ϕext cable ≈ 19,2 mm = a
ϕconductor ≈ 15,1 mm = 2r → r ≈ 7,6 mm

Sustituyendo en la fórmula de cables a tresbolillo:

$L = [4,6 \times \log(19,2/7,6) + 0,5] \times 10^{-4} = 2,35 \times 10^{-4}$ H/km
Y, por tanto, la reactancia inductiva a 50 Hz quedaría:

$X_L = \omega \cdot L = 2 \times \pi \times 50 \times 2,35 \times 10^{-4} \approx 0,074\ \Omega$/km [$\omega = 2 \times \pi \cdot f$].

Éste es el valor que se puede considerar para la reactancia de la línea ya que el efecto capacitivo se suele considerar despreciable en cálculos para BT. Además es congruente con lo explicado en el apartado 2.13.15. (valor aproximado de x=0,08 Ω/ km).

2.14.7. Cálculo de la caída de tensión exacta

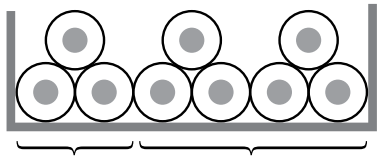
Suponemos una línea que alimenta a un receptor trifásico con las siguientes características:

Reactancia de la línea → x ≈ 0,074 Ω/km
(*ver apartado anterior*)
Intensidad de corriente → I = 200 A
Tensión entre fases → U = 400 V
Longitud de la línea → L = 60 m
Coseno de φ → cos φ = 0,9

Cable utilizado AFUMEX CLASS 1000 V (AS) unipolar [RZ1-K (AS)] 1x95 cobre → XLPE3

Sistema de instalación: Bandeja perforada → tipo F

Dos circuitos más en contacto → coeficiente de corrección 0,80 (tabla C.52-3, fila 4). (*Ver dibujo)*.



En la tabla de intensidades admisibles vemos que este cable soporta 298 A, que afectado del coeficiente de corrección por agrupamiento 0,80 nos queda en una intensidad máxima de...

298 A x 0,80 = 238 A (este valor es la intensidad máxima que puede soportar este cable en la situación en que está instalado, bandeja perforada con dos circuitos en contacto).

Recordando la fórmula de la temperatura del conductor expuesta en el apartado 2.6.) de este catálogo:

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{máx} - \theta_0) \cdot (I / I_{máx})^2$$

– θ: temperatura real estimada en el conductor.
– θ_0: temperatura ambiente (del conductor sin carga)
→ 40 °C (temperatura estándar ambiente en España para instalacionesal aire (no enterradas).
– $\theta_{máx}$: temperatura máxima admisible para el conductor se-

gún su aislamiento → como el cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** es termoestable (ver apartado 2.13.3.) → 90 °C.

– I: intensidad prevista para el conductor → 200 A

– Imáx: intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación → 238 A (este valor es el que puede presentar mayores dudas a la hora de ser obtenido. Es el valor de la intensidad máxima admisible en las condiciones de instalación que tenemos).

Sustituyendo:

$$\theta = 40 + (90 - 40) \times (200 / 238)^2 = 75{,}31\ ^\circ C$$

Por tanto la resistividad...

$$\rho\theta = \rho 20 \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

$$\rho_{75,31} = 1/58 \times [1 + 0{,}00393 \times \cdot (75{,}31 - 20)] = 0{,}021\ \Omega\ mm^2/m \bullet \gamma_{75,31} = 1/0{,}021 = 47{,}64\ m/\Omega\ mm^2$$

Obsérverse la gran diferencia entre considerar la conductividad a 20 °C ($\gamma = 58$) o a la temperatura real ($\gamma = 47{,}64$). Por ello siempre que no se haga el cálculo que aquí exponemos debe considerarse el valor más desfavorable ($\gamma = 45{,}5$ en caso de cables de cobre con aislamiento termoestable). El error puede llegar a ser de un 28 %. Ver otros valores de γ *en el apartado 2.6*.

Con el valor de la conductividad a la temperatura real estimada del conductor ya podemos obtener la caída de tensión real:

Tomando la fórmula de cálculo de la sección por caída de tensión (apartado 2.6.) despejamos la caída de tensión ΔU:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi)}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} + 1{,}732 \times 10\text{-}3 \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \times 60 \times 200 \times 0{,}9}{47{,}64 \times 95} + 1{,}732 \times 10\text{-}3 \times 0{,}074 / 1 \times 60 \times 200 \times 0{,}4359 = 4{,}8\ V$$

La expresamos porcentualmente: 4,8 / 400 x 100 = 1,2 %

2.14.8. Colocación de neutros cuando la instalación necesita varios conductores por fase

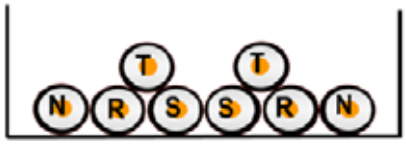
Cuando la corriente a suministrar es superior a la de la máxima sección empleable (sea por ser esta última la más elevada disponible en stock o por su posible manejabilidad para la instalación) se instalan varios conductores por fase, en paralelo. El pto. 523.7 de UNE-HD 60364-5-52 recoge esta situación aunque su redacción es mejorable.

Los conductores deberán ser de la misma naturaleza, sección, longitud (aproximada) y no pueden tener derivaciones.

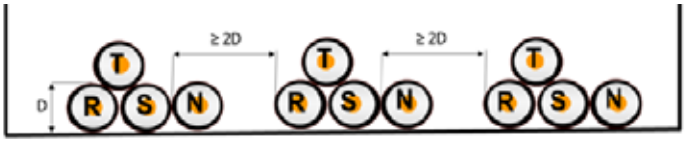
La tendencia podría ser agrupar los conductores de la misma fase pero siendo corriente alterna (no ocurre así con los 2 polos de continua) las inducciones no equilibradas provocarán grandes desequilibrios de impedancias con la lógica consecuencia de desequilibrar igualmente las intensidades. Por ello, debe llevarse especial orden con los conductores en este caso.

El anexo H de UNE-HD 60364-5-52 recoge una serie de colocaciones de conductores para los diferentes casos hasta 4 conductores por fase solamente a modo de ejemplo. Por su interés las reproducimos en la página siguiente.

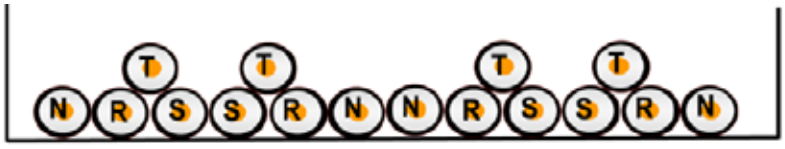
Cables al tresbolillo en un solo nivel



2 conductores por fase.



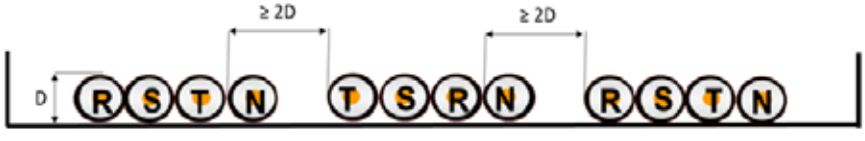
3 conductores por fase (al tratarse de numero impar obsérvese que el criterio de agrupamiento cambia las ternas no se compensan 2 a 2).



4 conductores por fase.

Cables en plano en un solo nivel

2 conductores por fase.

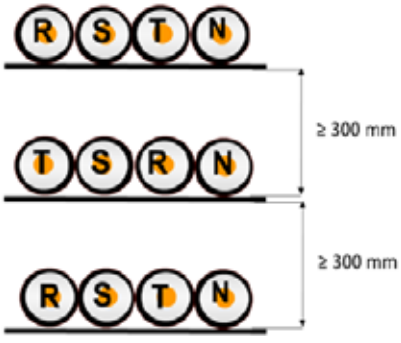


3 conductores por fase.

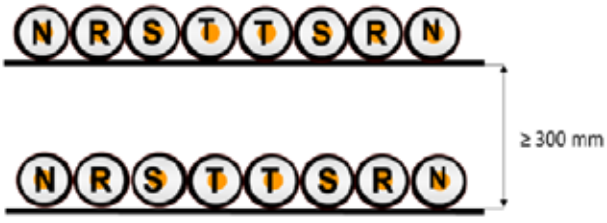
4 conductores por fase.

Cables en varios niveles

2 conductores por fase (niveles en contacto).



3 conductores por fase separados en 3 niveles.



4 conductores por fase separados en 2 niveles.

El pto 3.1.2.3. de la norma UNE 20435 (ya anulada) nos pedía provisionar un 0,9 de coeficiente de corrección a la hora de calcular la sección por el criterio de la intensidad admisible. En agrupaciones de este tipo siempre se produce un desequilibrio de impedancias. Lo consideramos un criterio acertado.

Recomendamos ver el artículo del siguiente enlace:
https://www.prysmianclub.es/instalacion-de-varios-conductores-por-fase/

2.14.9. Tensiones eléctricas máximas que pueden soportar permanentemente los cables

En general tenemos más o menos claro que los cables tienen una intensidad máxima admisible en régimen permanente y se conocen las tablas en las que deben consultarse los valores para cada sección de cable. Suele haber más dudas sobre la tensión máxima admisible en los cables en régimen permanente.

Es menos necesario saber la tensión máxima porque en general las tensiones asignadas (antes llamadas tensiones nominales) son superiores a las tensiones de la instalación pero es conveniente saber que valor tope puede soportar cada cable de forma continua, especialmente en redes de MT o instalaciones fotovoltaicas.

Cables hasta 450/750 V (inclusive).

La norma UNE-EN 50565-1 (Guía para la utilización de cables de tensión asignada no superior a 450/750 V (Uo/U) recoge en su punto 5.2 las condiciones límite de tensión para las que han sido diseñados los cables armonizados hasta 450/750 V, es decir, los cables de más común uso, aquellos cuyo diseño corresponde a alguna de las partes de UNE-EN 50565-1 o UNE-EN 50525, aunque también puede aplicarse a cables similares bajo recomendación del fabricante.

La tensión asignada de una cable es la tensión de referencia para la que el cable ha sido diseñado.

La tensión asignada en un sistema de corriente alterna se expresa por la combinación de los valores Uo/U, expresados en voltios, donde:

Uo: es la tensión asignada eficaz entre un conductor aislado y "tierra" (recubrimiento metálico del cable o el medio circundante).

U: es la tensión asignada eficaz entre dos conductores de fase cualquiera de un cable multiconductor o de un sistema de cables unipolares.

La tensión de servicio de un sistema puede exceder permanentemente la tensión nominal del sistema (de red). La tensión máxima permitida para la tensión asignada del cable se indica en la tabla 2 de la norma UNE-EN 50565-1.

Tensión máxima permitida para la tensión asignada del cable

Tensión asignada Uo/U del cable	Tensión máxima permanente permitida para el cable			
	Corriente alterna		Corriente contínua	
	Conductor / tierra	Conductor / conductor	Conductor / tierra	Conductor / conductor
V	Uo (V)	U (V)	(V)	(V)
300 / 300	320	320*	410	410
300 / 500	320	550	410	820
450 / 750	480	825	620	1240

*Solamente para sstemas unipolares de energía.

Cables de tensión asignada 0,6/1 kV o superior.

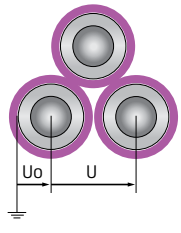
La norma UNE 211006 también nos define los valores asignados (antes llamadas nominales) en corriente alterna (no se recogen valores de continua) para cables a partir de 1 kV:

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

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

En una red de 12/20 kV tendríamos por tanto que Uo = 12 kV y U = 20 kV. Estos valores son asignados, valores de referencia que sirven también para definir los ensayos eléctricos. No quiere decir que sea el valor máximo al que puede trabajar el cable en cuestión, ese valor viene definido por Um.

Um: tensión máxima eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualquiera, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios. Es valor eficaz más elevado de la tensión que puede ser soportado en condiciones normales de explotación, en cualquier instante y en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales de tensión debidas a condiciones de defecto o a la supresión brusca de cargas importantes.



La tensión máxima (Um) en el caso del cable de 12/20 kV es 24 kV. En la siguiente tabla (tabla 2 de ITC-LAT 06) podemos encontrar los valores de Um que corresponden a cada valor asignado de Uo/U. Reproducimos a continuación los valores más frecuentes:

Tensión asignada de cables y accesorios Uo/U (kV)	Tensión máxima eficaz Um (kV)
0,6/1	1,2
1,8/3	3,6
3,6/6	7,2
6/10	12
8,7/15	17,5
12/20	24
15/25	30
18/30	36
26/45	52
36/66	72,5

NOTA: se exponen las tensiones máximas admisibles en régimen permanente en los cables de acuerdo con las normas UNE, si bien hay que recordar que por encima de lo que dicen las normas están las exigencias reglamentarias que a veces son más estrictas. Así, no debemos olvidar que la ITC-BT 37 del REBT nos dice que para instalaciones de tensión nominal superior a 500 V de valor eficaz en corriente alterna o 750 V de valor medio aritmético en corriente continua los cables deben tener una tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV. (*Ver apartado K, punto 2.14.28.*).

Igualmente para el caso de redes de MT de categoría C la propia tabla 2 de ITC-LAT 06 nos exige niveles de tensión superiores a los valores máximos aceptables en régimen permanente en los cables. Por ejemplo para una red de 12/20 kV (en categoría A o B) de categoría C se debe elegir cable de al menos 15/25 kV.

NOTA: para cables de tensión asignada superior encontramos los valores de tensión máxima (Um) en la tabla 2 de la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas de AT (RD 223/2008).

En cuanto a valores de tensión continua máxima decir que si observamos las normas de diseño de las principales familias de cables de 0,6/1 kV [AFUMEX CLASS (RZ1-K (AS), AL RZ1 (AS), RZ1MZ1-K (AS)...) y RETENAX CPRO, UNE 21123-4 y UNE 21123-2 respectivamente, veremos que la tensión máxima entre conductores es 1,8 kV.

NOTA: para tensiones mínimas exigidas por el REBT *ver punto 2.14.28.*

2.14.10. Marcado de los cables para BT

La manera más directa de identificar los cables es su marcado. Mediante dos ejemplos pretendemos aclarar lo que nos dicen los cables en sus cubiertas o aislamientos.

Marcado del cable Afumex Class 750 V (AS)

Tomamos cada parte de la inscripción:

→ **PRYSMIAN:** nombre del fabricante. Es obligatorio o si está legalmente protegido puede figurar el número de identificación del fabricante.

→ **AFUMEX® CLASS 750 V (AS):** nombre comercial. Opcional.

→ **H07Z1-K (AS) TYPE 2:** designación genérica. Es obligatoria. La norma UNE 20434 (HD 361 S3) recoge las designaciones de cables hasta 450/750 V, en ella se pueden encontrar todas las designaciones. No obstante la norma de diseño de cada cable también contempla el nombre genérico que corresponde.

Cada parte de este código tiene una explicación:
→ **H:** cable armonizado según CENELEC.

→ **07:** tensión asignada 450/750 V: es la tensión de referencia por la que se caracteriza el cable y se definen sus ensayos. 450 V es el valor de tensión eficaz entre el conductor y tierra y 750 V el valor de tensión eficaz entre conductores. (*Ver punto anterior*).

→ **Z1:** aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos.

→ **-K:** flexible para instalaciones fijas, clase 5 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

→ **(AS):** indica que es un cable de alta seguridad. Esta marca es obligatoria desde 2004 para este tipo de cables. Denota su especial comportamiento frente al fuego (*ver apartado 2.15.*).

→ **TYPE 2:** inscripción obligatoria para este tipo de cables AS como no propagadores del incendio (reacción al fuego mejorada respecto a los cables TYPE-1 *ver UNE-EN 50525-3-31*).

→ **1x2,5 mm²:** sección nominal del conductor. Aunque resulte paradójico no es obligatorio por norma su marcado en cables de 450/750 V sin cubierta. Indica la sección nominal del cable, esta sección no está sujeta medida directa sino a unos valores máximos de resistencia indicados en la UNE-EN 60228, es decir 2,5 mm² no coincidirá a buen seguro con el valor obtenido a partir de las mediciones de un calibre.

→ C_{ca}-s1b,d1,a1: clase de reacción al fuego según el Reglamento de Productos de Construcción (CPR). Esta marca es obligatoria (por su exigencia en la norma de diseño) y nos define el comportamiento del cable frente al fuego.
→ AENOR: es opcional y se inscribe cuando el cable está certificado por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).
En resumen, generalmente el fabricante suele incluir en la inscripción datos que considera relevantes o aclaratorios para el instalador, no obstante el mínimo obligatorio para el cable que nos ocupa sería: PRYSMIAN H07Z1-K (AS) TYPE 2 C_{ca}-s1b,d1,a1.

Marcado del cable Afumex Class 1000 V (AS)

Igualmente comentamos la inscripción por partes:

→ PRYSMIAN: nombre del fabricante, obligatorio, o marca registrada a proteger legalmente con el que el fabricante puede ser identificado.

→ **AFUMEX® CLASS 1000 V (AS)**: nombre comercial del cable. Opcional igual que en el caso anterior.

→ RZ1-K (AS): designación genérica del cable que es prescriptivo aparezca en la cubierta siempre. Las diferentes capas de los cables se nombran siempre de dentro a fuera y su significado es:

- → R: aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
- → Z1: cubierta de poliolefinas con baja emisión de gases corrosivos y humos.
- → -K: flexible para instalaciones fijas, clase 5 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.
- → (AS): Cable de alta seguridad. Marcado obligatorio con el mismo criterio que el apartado anterior.

→ 0,6/1 kV: tensión asignada de 600 V entre un conductor y tierra y 1000 V entre conductores. Valor máximo eficaz en corriente alterna de 1200 V en servicio permanente, *para más información ver apartado anterior*. También prescrito su marcaje en la norma de diseño del cable.

→ **UNE 21123-4:** norma de diseño del cable. No obligatorio.

→ 3G1,5: número de conductores (3) y sección 1,5 mm². Cuando en uno de los conductores en amarillo/verde se utiliza la letra G (Ground = tierra) cuando no hay amarillo / verde se utiliza el símbolo "X". En este caso en la norma, al contrario que en el caso anterior, si exige esta incripción.

→ Cca-s1b,d1,a1: clase de reacción al fuego según el Reglamento de Productos de Construcción (CPR). Esta marca es obligatoria y nos define el comportamiento del cable frente al fuego.

→ **AENOR:** indica que el cable está certificado por AENOR. Su indicación es un plus de aseguramiento de calidad por una entidad externa que refleja el fabricante en el producto, pero no se pide en la norma su inscripción en la cubierta del cable.

→ 2017: año de fabricación. La norma habla de indicar al menos las dos últimas cifras del año de fabricación.

→ **1236 m:** metraje del cable. Con objeto de facilitar el trabajo del instalador, algunos fabricantes marcamos metro a metro el cable, de esta forma no es necesario hacer medidas, simplemente basta con observar la numeración.
Por tanto, la inscripción mínima obligatoria para el Cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) sería como sigue: PRYSMIAN RZ1-K (AS) 0,6/1 kV 3G1,5 C_{ca}-s1b,d1,a1 17

NOTA: la entrada en vigor del reglamento CPR a llevado a una nueva forma de fijar el marcado CE en etiquetas, embalajes y documentación que acompaña a los cables afectados por el CPR en su expedición. Ya no se debe marcar CE en la cubierta de los cables puesto que la legal implantación del CPR ha obligado a acompañar la marca CE de otra información (ver apartado sobre marcado CE en el comienzo de este libro).

2.14.11. Emisión de CO_2 por kg de cable fabricado.

FACEL, Asociación Española de Fabricantes de Cables y Conductores Eléctricos y de Fibra Óptica tiene publicada una tabla con los valores de emisiones de CO_2 por kg de cable fabricado.

Ver ejemplos de cálculos ecológicos en apartado 2.19.

2.14.12. Intensidades admisibles y caídas de tensión para líneas de corriente continua

Para cálculos de sección de conductor en corriente continua la tabla de intensidades admisibles es la misma que para cálculos en alterna monofásica (PVC2 o XLPE2 según se trate de cables termoplásticos o termoestables, Ver página 53).

La norma UNE-HD 60364-5-52 de intensidades admisibles nos lo dice en la nota 1 de su apartado B.52.6.2 textualmente: Las corrientes admisibles están tabuladas para aquellos tipos de conductores aislados y cables y métodos de instalación que se usan comunmente para instalaciones eléctricas fijas. Las corrientes tabuladas hacen referencia al funcionamiento en régimen permanente (factor de carga del 100 %) para corriente continua o alterna de frecuencia nominal de 50 Hz o 60 Hz.

Por tanto a efectos de cálculos de sección en BT por el criterio de la intensidad admisible en corriente continua debemos operar igual que se hace con líneas de corriente alterna monofásica a 50 o 60 Hz con cos $\varphi = 1$.

El valor de la resistencia de conductor en continua es ligeramente inferior a sus valores alterna a 50 o 60 Hz, lo que hace que igualmente los cálculos de caída de tensión no supongan variaciones muy relevantes si la reactancia se considera nula en alterna porque la sección solución no sea grande ya que en continua la reactancia siempre es nula (si la sección en corriente alterna es mayor que 35 mm² para cobre o mayor que 70 mm² para aluminio se debe tomar en consideración la reactancia).

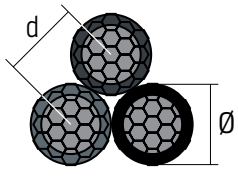
2.14.13. Valores de resistencia de conductor a diferentes temperaturas

La norma UNE-EN 60228 contempla las resistencias máximas de los conductores eléctricos a 20 °C y en corriente continua teniendo en cuenta la clase de conductor: clase 1 (rígido de hilo único), clase 2 (rígido de varios hilos), clase 5 (flexible) y clase 6 (conocido coloquialmente como extraflexible).

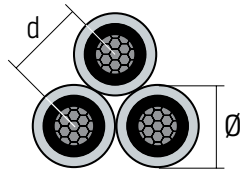
Los valores de resistencia de los conductores eléctricos son útiles entre otras cosas, para el cálculo de potencia disipada en las líneas dado que como sabemos la expresión $P = RI^2$ expresa la pérdida de potencia por efecto Joule en un conductor. También sabemos que para el cálculo del poder de corte de las protecciones se emplean normalmente valores de resistencia a 20 °C y a 145 °C para conocer las máximas pérdidas posibles por calentamiento (efecto Joule) se emplean los valores de la citada resistencia a la máxima temperatura admisible en el conductor (70 °C para cables termoplásticos y 90 °C para cables termoestables).

Bien es sabido y comentado en este catálogo que la resistencia eléctrica aumenta con la temperatura y esto afecta a los cálculos. Tomando los datos de partida de la citada norma UNE-EN 60228 (IEC 60228) se pueden obtener valores de resistencias a otras temperaturas y en corriente alterna aplicando los criterios de cálculo de la norma UNE 21144 (IEC 60287), teniendo en cuenta la posición de los cables y afectando los cálculos del efecto piel y proximidad.

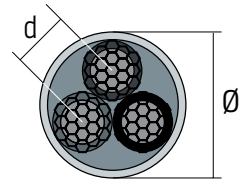
Debemos recordar que la distancia entre conductores eléctricos en contacto depende de si se trata de conductor aislado o no y en caso de ser cable (con aislamiento y cubierta) si se trata de cables unipolares o multipolares.



Conductores aislados como AFUMEX CLASS 750 V (AS) o WIREPOL CPRO FLEX → d = Ø.
d = diámetro de conductor + 2 x espesor de aislamiento = diámetro exterior (Ø)



Cables unipolares (con aislamiento y cubierta) como AFUMEX CLASS 1000 V (AS) o RETENAX CPRO FLEX de 1x... → d=Ø.
d = diámetro de conductor + 2 x espesor de aislamiento + 2 x espesor de cubierta = diámetro exterior (Ø)



Cables multipolares (con aislamiento y cubierta) como AFUMEX CLASS 1000 V (AS) o RETENAX CPRO FLEX de 2x, 3x, 3G, 4x, 4G, 5G... → d ≠ Ø , d = diámetro de conductor + 2 x espesor de aislamiento ≠ Ø

Las tablas siguientes suponen disposición de conductores al tresbolillo en un tendido trifásico (para valores de resistencia a 70° o 90° C en corriente alterna). Ligeras variaciones de estos valores se producirían para otra disposición de conductores muy próximos (por ejemplo tres unipolares en un plano en trifásica o dos conductores muy próximos en monofásica sea cable bipolar o dos cables unipolares en contacto)

Sección	Cobre (rígido, clase 1)				Cobre (rígido, clase 2)			
	Diámetro maximo de conductor* mm	Resistencia (cc, 20 °C)* Ω/km	Resistencia (ca, 70 °C) Ω/km	Resistencia (ca, 90 °C) Ω/km	Diámetro maximo de conductor* mm	Resistencia (cc, 20 °C)* Ω/km	Resistencia (ca, 70 °C) Ω/km	Resistencia (ca, 90 °C) Ω/km
0,5	0,9	36	43,07	45,9	1,1	36		
0,75	1	24,5	29,31	31,24	1,2	24,5		
1	1,2	181	21,66	23,08	1,4	18,1		
1,5	1,5	12,1	14,48	15,43	1,7	12,1		
2,5	1,9	7,41	8,87	9,45	2,2	7,41		
4	2,4	4,61	5,52	5,88	2,7	4,61		
6	2,9	3,08			3,3	3,08	3,69	3,93
10	3,7	1,83			4,2	1,83	2,19	2,33
16	4,6	1,15			5,3	1,15	1,38	1,47
25	5,7	0,727			6,6	0,727	0,87	0,927
35	6,7	0,524			7,9	0,524	0,627	0,669
50	7,8	0,387			9,1	0,387	0,464	0,494
70	9,4	0,268			11	0,268	0,321	0,343
95	11	0,193			12,9	0,193	0,232	0,247
120	12,4	0,153			14,5	0,153	0,185	0,197
150	13,8	0,124			16,2	0,124	0,151	0,16
185	15,4	0,101			18	0,0991	0,121	0,129
240	17,6	0,0775			20,6	0,0753	0,094	0,099
300	19,8	0,062			23,1	0,0601	0,076	0,081

* Valores obtenidos directamente de UNE-EN 60228.

Con fondo naranja figuran valores que no son de aplicación a los cables rígidos que se comercializan normalmente. Es decir, los conductores rígidos son de clase 1 (hilo único) hasta 4 mm² y de clase 2 (varios hilos) desde 6 mm² inclusive.

Sección	Cobre (flexible, clase 5)			
	Diámetro maximo de conductor* mm	Resistencia (cc, 20 °C)* Ω/km	Resistencia (ca, 70 °C) Ω/km	Resistencia (ca, 90 °C) Ω/km
0,5	1,1	39	46,66	49,73
0,75	1,3	26	31,11	33,15
1	1,5	19,5	23,33	24,86
1,5	1,8	13,3	15,91	16,96
2,5	2,4	7,98	9,55	10,18
4	3	4,95	5,92	6,31
6	3,9	3,3	3,95	4,21
10	5,1	1,91	2,29	2,44
16	6,3	1,21	1,48	1,54
25	7,8	0,78	0,934	0,995
35	9,2	0,554	0,663	0,707
50	11	0,386	0,463	0,493
70	13,1	0,272	0,326	0,348
95	15,1	0,206	0,248	0,264
120	17	0,161	0,195	0,207
150	19	0,129	0,157	0,167
185	21	0,106	0,13	0,138
240	24	0,0801	0,1	0,106
300	27	0,0641	0,082	0,086

* Valores obtenidos directamente de UNE-EN 60228.

Sección	Aluminio (rígido, clase 2)		
	Diámetro maximo de conductor* mm	Resistencia (cc, 20 °C)* Ω/km	Resistencia (ca, 90 °C)* Ω/km
10	4,0	3,08	3,95
16	5,2	1,91	2,45
25	6,5	1,2	1,54
35	7,5	0,868	1,11
50	8,6	0,641	0,822
70	10,2	0,443	0,569
95	12,0	0,32	0,411
120	13,5	0,253	0,325
150	15,0	0,206	0,265
185	16,8	0,164	0,212
240	19,2	0,125	0,162
300	21,0	0,1	0,131
400	24,6	0,0778	0,1
500	27,6	0,0605	0,078
630	32,5	0,0469	0,061

* Valores obtenidos directamente de UNE-EN 60228.

Los cables de aluminio normalmente comercializados son rígidos de clase 2 y con secciones iguales o mayores de 10 mm².

Los valores de resistencia a 70 y 90 °C expuestos en este apartado están calculados para unas distancias entre conductores que pueden variar mínimamente en función del espesor de aislamiento y/o de cubierta.

El apartado 2.19.2. está dedicado a un ejemplo en el que, entre otros cálculos, se obtiene de forma más simplificada pero aceptablemente exacta para corriente alterna a 50 o 60 Hz (sin considerar efecto piel ni proximidad) la resistencia de un conductor a cualquier temperatura que se encuentre debido a la intensidad de corriente que lo recorre y a las condiciones de instalación.

En este apartado se han reflejado también los valores de diámetro máximo de conductor, útiles para cálculos de resistencia afectando el efecto piel y proximidad y para cálculos de reactancias inductivas (ver apartado 2.14.6.).

Ejemplo de aplicación 1

Calcular las pérdidas por calentamiento en una línea trifásica equilibrada de 83 m realizada con cables unipolares de aluminio Al VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) de 1x50 mm^2 por la que circulan 116 A de intensidad de línea.

Como sabemos que la potencia perdida en una línea por efecto Joule (calentamiento) responde a la expresión

$$P = RI^2$$

(siendo P la potencia en W, cuando la resistencia R es en Ω y la intensidad I en A). Al tratarse de una línea trifásica debemos lógicamente multiplicar por 3 ($P = 3RI^2$) teniendo el valor de I, sólo tenemos que buscar en la tabla correspondiente el valor de R a 90 °C. Para cable de 50 mm^2 de aluminio R = 0,822 Ω/km (al multiplicarlo por la longitud de la línea en km obtendremos el valor de la resistencia en Ω).

$$P = 3RI^2 = 3 \times 0{,}822\ \Omega/km \times 0{,}083\ km \times 116^2\ A^2$$
$$= 2754\ W \approx 2{,}75\ kW$$

Si queremos saber la energía perdida en kWh durante 8 horas por ejemplo no hay más que multiplicar la potencia en kW por el tiempo en h:

$$E = Pt = 2{,}75\ kW \times 8\ h = 22\ kWh$$

Y si queremos saber cuanto nos cuesta lo que perdemos en la línea, simplemente habrá que multiplicar la energía en kWh por la tarifa en €/kWh:

Supongamos una tarifa de 0,15 €/kWh

$$Coste = 22\ kWh \times 0{,}15\ €/kWh = 3{,}3\ € \text{ (en sólo 8 h)}$$

Se puede observar que sobredimensionar los cables cuando por cálculo domina el criterio de la intensidad máxima, no es nada a despreciar, 2,75 kW de pérdidas en una línea de menos de 100 m es una potencia perdida considerable que vamos a tener que asumir en forma de coste y además se trata de un peaje que sin ser energía útil para los receptores también provoca emisiones al medio ambiente. Se recomienda, en general, considerar el aumento de sección para reducir la resistencia.

Ejemplo de aplicación 2

Se desea conocer las pérdidas por calentamiento de una línea monofásica de 28 m realizada con cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) de 3G16 (cable de cobre flexible, clase 5) por la que circulan 94 A.

Al tratarse de tendido monofásico la potencia perdida será:

$$P = 2RI^2 = 2 \times 1{,}54\ \Omega/km \times 0{,}028\ km \times 94^2\ A^2$$
$$= 762\ W \approx 0{,}76\ kW$$

Hemos tomado de nuevo el valor a máxima temperatura de la resistencia. Para obtener el valor de resistencia a la temperatura real del cable ver ejemplo del apartado 2.14.7. del catálogo. El resultado no diferirá mucho del obtenido.

Para este caso si entendemos que el cable estaba instalado en bandeja perforada, la temperatura estándar al aire es de 40 °C y a esto debemos añadir el calentamiento del cable por efecto Joule que aumenta la resistencia, es decir, el cable estará cerca del valor de 90 °C. Para que esto no sea así, debe dominar el criterio de la caída de tensión o del cortocircuito en nuestros cálculos (y en ese caso el cable se calentará menos, ya que por el criterio de la intensidad máxima la sección será holgada).

Veamos si hubiéramos supuesto 70 °C en el conductor que valor obtendríamos:

$$P = 2RI^2 = 2 \times 1{,}48\ \Omega/km \times 0{,}028\ km \times 94^2\ A^2$$
$$= 732\ W \approx 0{,}73\ kW$$

Ligeramente inferior al anterior resultado con la resistencia a 90 °C.

2.14.14. Cables rígidos y cables flexibles. Similitudes y diferencias. Ventajas e inconvenientes

Técnicamente se habla de cables flexibles o rígidos atendiendo a la flexibilidad de su cuerda conductora y no del cable completo. Entremos en detalle para conocer el porqué de los tipos de conductor y que aportan a las instalaciones.

Cables rígidos

Se habla de cables rígidos cuando sus conductores están formados por 1 o varios hilos de metal conductor (típicamente cobre o aluminio). Es fácil imaginar que un conductor de hilo único será más rígido que uno de varios hilos a igualdad de sección.

La norma UNE EN 60228 (IEC 60228) recoge las características de los conductores de cables aislados. En ella se reflejan las clases de conductor en función de su flexibilidad

Clase 1: rígido de un solo hilo. En España habitualmente se emplea esta clase para los cables rígidos de hasta 4 mm² de sección incluída.

Conductor rígido de hilo único (clase 1).

Cable RETENAX CPRO Rígido RV (XV) de 1x4. Conductor rígido de hilo único (clase 1).

Clase 2: rígido de varios hilos. Para conductores rígidos de secciones superiores a 4 mm² habitualmente.

Conductor rígido de varios hilos (clase 2).

Cable WIREPOL CPRO RÍGIDO (H07V-R) de 1x6 Conductor rígido de varios hilos (clase 2).

La norma UNE EN 60228 también recoge los valores de resistencia máxima a 20 °C en corriente continua (ver página 169).

Cables flexibles

Clase 5: es la clase asignada a los conductores flexibles. En este caso, para garantizar un nivel de flexibilidad adecuado y siempre muy claramente superior a las clases 1 y 2. La norma UNE EN 60228 fija el diámetro máximo de los alambres que forma la cuerda conductora en función de la sección. Así por ejemplo el diámetro máximo de los hilos de un conductor flexible de 2,5 mm² es 0,26 mm y el de la cuerda de 240 mm² flexible es de 0,51 mm. Con estas limitaciones es intuible pensar que un conductor será más flexible si presenta mayor número de hilos a igualdad de sección.

Conductor flexible (clase 5).

Cable AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS) Cable para alimentación de motores con variadores de frecuencia. Conductores flexibles (clase 5).

En las designaciones genéricas se indica la clase 5 con la notación –K (RV-K, RZ1-K (AS), H07Z1-K, RZ1MZ1-K (AS) o -F (H07RN-F, DN-F, H05UV-F...).

La norma UNE EN 60228 plasma también la clase 6, comúnmente conocida como "extraflexible" pero se utiliza para aplicaciones especiales.

Las clases 3 y 4 no existen. Debieron existir en un pasado pero ya no figuran en las normas actuales.

Formación de cuerda conductora de clase 5 a partir de hilos de cobre.

Recordamos una vez más que la sección de un conductor no está sujeta a medida directa (UNE EN 60228, pto. 2.2.). Es decir no se puede obtener sumando el área de sección de cada uno de los hilos que forman su cuerda conductora. Se habla por tanto de sección eléctrica y no geométrica, asociando cada valor de sección normalizada a una resistencia máxima en corriente continua a 20 ºC y no a un área de sección geométrica.

Principales ventajas e inconvenientes

Los cables con conductores de clase 5 por su flexibilidad son más manejables y se adaptan mejor a las sinuosidades de los recorridos a la hora de su tendido. Especialmente apreciado cuando se insertan conductores aislados en tubos.

Los conductores rígidos en cambio tienen la ventaja de ser conectados correctamente con mayor facilidad si bien el REBT obliga al empleo de terminales adecuados para conductores rígidos o flexibles de sección superior a 6 mm² (ITC-BT 19, pto. 2.11.).

También son idóneos para realizar puentes en cuadros eléctricos dado que una vez se les da el curvado requerido, este no varía. Así como a la hora de pretender claridad en las cajas de registro de las instalaciones, pues la rigidez del conductor favorece la inmovilidad de la conexión.

Los instaladores en general reconocen insertar bajo tubo sin grandes dificultades los circuitos de 1,5 mm² o 2,5 mm² con conductores aislados rígidos, especialmente frecuentes en el interior de viviendas. Con secciones superiores por lo general se encuentran con las dificultades suficientes como para sólo pensar en conductores flexibles (según el diámetro del tubo y las curvas del mismo).

A la hora de hacer cálculos, las tablas de intensidades admisibles no distinguen entre conductores rígidos o flexibles, es decir, ambas formaciones admiten las mismas cargas de corriente a igualdad de sección y sistema de instalación. Igual ocurre con los cálculos de caída de tensión, no se ven afectados por la flexibilidad del conductor.
El REBT igualmente deja libre la instalación de cables rígidos o flexibles salvo para las centralizaciones de contadores donde se obliga que el cable sea rígido. También se exige para redes de tierra (cobre desnudo) y en algún sistema de instalación infrecuente como pueden ser cables en ranuras o cables armados para montaje superficial en locales de pública concurrencia.

La tendencia del mercado en España, para no duplicar costosos stocks no sólo de fabricante sino también de distribuidor o instalador, es la fabricación de cables con conductores flexibles cuando se trata de cobre y rígidos de clase 2 cuando se trata de cables con conductor de aluminio (es un metal menos dúctil que el cobre y con menor resistencia a la tracción). Si bien existe stock en conductor rígido de varias líneas de producto y Prysmian puede fabricar bajo demanda un amplio abanico de cables con cuerda conductora rígida.

Por último añadir que los cables rígidos y flexibles tienen las mismas tensiones máximas de tracción durante el tendido y los mismos radios mínimos de curvatura a igualdad de sección.

	Flexible	Rígido
Disponibilidad (stock)	+	
Facilidad de manejo y tendido	+	
Conexionado		+
Orden en la instalación		+
Intensidad admisible	=	
Tensión máxima de tracción	=	
Radio mínimo de curvatura	=	

Tabla orientativa.

2.14.15. Cálculos para alumbrado

La ITC-BT 44 del REBT en su punto 3.1., 4º párrafo explica que, para lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. Y este coeficiente es el que se debe aplicar en ausencia de datos más concretos por parte del fabricante de las lámparas a instalar pues los circuitos de alimentación deben estar previstos para transportar la carga de los receptores, de sus elementos asociados y de sus corrientes armónicas y de arranque.

Las lámparas de descarga pueden ser: fluorescentes (vapor de mercurio a baja presión), vapor de mercurio a alta presión, de halogenuros metálicos, de vapor de sodio de alta o de baja presión, de luz mezcla o mixtas...

En el caso de lámparas de incandescencia la potencia de cálculo será la nominal pues no es necesario provocar una descarga para el encendido.

Si la instalación se realiza con lámparas de tecnología LED recordar que se debe tomar la potencia nominal sin necesidad de aplicar coeficiente alguno, salvo otra indicación del fabricante.

2.14.16. Variación de las condiciones de instalación a lo largo del tendido del cable

La norma UNE-HD 60364-5-52 dice escuetamente en el punto 523.8 lo siguiente:

Si las condiciones de disipación de calor varían de una parte del recorrido a otra, las intensidades admisibles deberán determinarse para la parte del recorrido que presenta las condiciones más desfavorables.

Es una afirmación que no dejando de ser clara parece muy directa y simplificadora sin tener en consideración la multitud de situaciones en las que de forma transitoria varían las condiciones a lo largo del recorrido de un tendido de cable.

Si retrocedemos a 1994 nos encontramos que la versión de la citada norma sí contempla excepciones que ayudan a entender cuándo se puede considerar variación de condiciones de instalación relevante y cuando no.

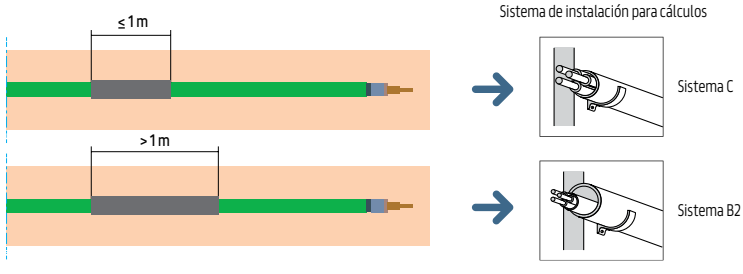
La UNE 20460-5-523 (1994) ya contemplaba 2 situaciones en las que se exime de considerar el sistema de instalación más restrictivo en su punto 7.5, a saber:

1. *Cuando por razones de protección mecánica se dispone un cable en un conducto o canal para instalaciones (canaleta), en una longitud no superior a un metro, no será necesaria la reducción de corrientes admisibles, siempre que el conducto o canal para instalaciones (canaleta) esté al aire o instalado sobre una superficie vertical.*

Es una situación frecuente y resulta interesante que esté contemplada en una norma para alejar dudas y para dejar claro dónde estaría el límite de acumulación térmica por protección parcial del recorrido de un cable. Límite que permite considerar sólo el sistema de instalación dominante para calcular el cable.

Por ejemplo, si un cable se instala grapado a la pared y en una parte de su recorrido se protege bajo tubo de longitud inferior a un metro no sería necesario tener en cuenta el tubo y por tanto el cable se puede calcular como si fuera solamente grapado a la pared de principio a fin.

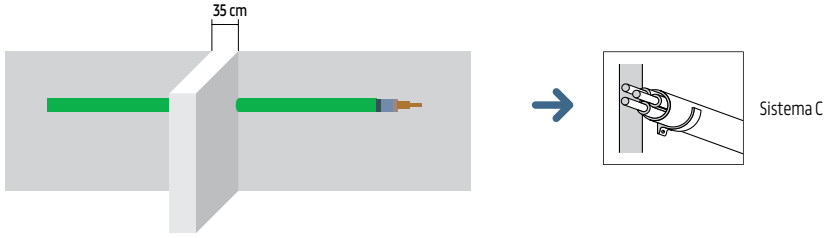
Pero si extendemos la protección del cable hasta por ejemplo dos metros todo el tendido debería ser considerado bajo tubo y grapado a la pared, sistema de instalación más restrictivo que el anterior por dificultar la evacuación del calor y, por tanto, obligar a recurrir a secciones superiores de conductor.



NOTA: la norma UNE 20460-5-523 (1994) fue anulada en 2004 por su versión posterior.

2. Cuando una canalización está empotrada o instalada sobre un material de resistencia térmica superior a 2 K·m/W, no será necesaria una reducción de corriente admisible, siempre que su longitud no supere los 0,20 m. La versión actual de la norma (UNE-HD 60364-5-52) ha ampliado esa longitud a 35 mm.

La mampostería (ladrillo, hormigón, yeso o análogo) tiene en general resistividad térmica no superior a 2 K·m/W. Es fácil imaginar una situación así cuando una instalación atraviesa un muro.



En ocasiones no cambia el sistema de instalación pero la disipación térmica se ve afectada por una agrupación de circuitos que no está presente todo el recorrido de la canalización eléctrica. En tal caso, el punto 2.2.3 de la GUÍA-BT-19* del REBT nos dice textualmente:

No se considerarán los factores de reducción (por agrupamiento) cuando la distancia en la que discurran paralelos los circuitos sea inferior a 2 m, por ejemplo en la salida de varios circuitos de un cuadro de mando y protección.

Recomendamos en cualquier caso intentar evitar la concentración de circuitos sin consideración en el cálculo de secciones, aunque sea por una longitud inferior a los 2 metros.

Para redes de distribución enterradas en la ITC-BT 07 (pto. 3.1.3, último párrafo) podemos leer:

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.

El apartado se refiere a canalizaciones directamente enterradas en las que en un segmento de hasta 15 m se debe entubar el tendido. Eximiendo de consideraciones de cálculo especiales el hecho de cambiar transitoriamente el sistema de instalación. Tal circunstancia venía siendo habitual en los cruces de carreteras.

El texto no se refiere a casos de agrupamientos que sí deberán venir afectados del correspondiente coeficiente de corrección.

* La GUÍA+BT no es vinculante (artículo 29 del REBT).

2.14.17. Intensidades admisibles para cables con más de 4 conductores cargados

Algunos cables como el

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS) o el **SINTENAX CPRO 1000 V**

están diseñados para alimentación de varios receptores de baja potencia o para transmisión de muchas señales de mando. Por esta razón se fabrican en composiciones tales como 6G1,5; 10G1,5; 14G1,5; 24G1,5; 30G1,5 y también con secciones superiores (2,5; 4, etc.).

La norma UNE-HD 60364-5-52 de intensidades admisibles no contempla valores para este tipo de formaciones y tampoco ofrece información alguna sobre como poder calcular un cable de este tipo correctamente. Permite obtener intensidades admisibles para cables con 2 conductores cargados (sistemas monofásicos o para corriente continua), 3 conductores cargados (sistemas trifásicos) y hasta 4 conductores cargados (sistemas trifásicos con influencia importante de corrientes armónicas, ver UNE-HD 60364-5-52, anexo E) pero no para cables de 5 o más conductores.

La siguiente tabla recoge coeficientes de corrección a aplicar a los valores de las tablas de intensidades de la UNE-HD 60364-5-52 para poder conocer cuál es la intensidad máxima que puede circular por los conductores de estos cables particulares. **Es de aplicación para cables hasta 10 mm² y para valores de intensidades trifásicas.**

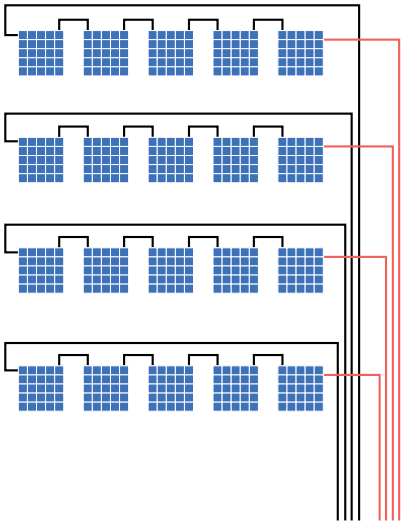
Numero de conductores cargados	Enterrados	Al aire
5	0,70	0,75
7	0,60	0,65
10	0,50	0,55
14	0,45	0,50
19	0,40	0,45
24	0,35	0,40
40	0,30	0,35
61	0,25	0,30

2.14.18. Agrupación adecuada de conductores en instalaciones fotovoltaicas

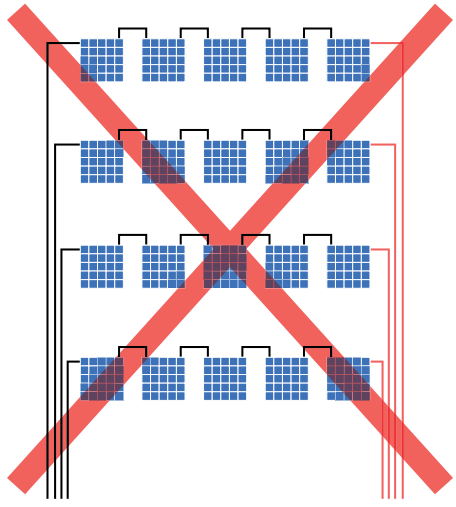
Como sabemos los paneles fotovoltaicos captan la radiación solar y la transforman en energía eléctrica generando corriente continua. La corriente continua lleva aparejada un campo magnético también continuo, al no variar prácticamente en el tiempo o variar muy lentamente no produce inducciones por lo que no es inconveniente agrupar conductores de la misma polaridad ya que a diferencia de los sistemas eléctricos de corriente alterna no es necesario compensar los campos electromagnéticos para eliminar, en gran medida, los efectos inductivos.

Si instalamos juntos conductores de la misma polaridad sabemos que en caso de un defecto de aislamiento, la diferencia de potencial entre los conductores en cortocircuito será por lo general muy pequeña o inexistente lo que redundará en mayor seguridad en la instalación. De ahí, la utilidad de agrupar los cables con la misma polaridad.

La correcta disposición de los conductores también debe pensarse reduciendo en lo posible los bucles de string para evitar sobretensiones elevadas por caídas de rayos.



Instalar cables de la misma polaridad juntos en canalizaciones de corriente continua es una buena práctica que previene accidentes eléctricos graves. La colocación correcta de los cables debe reducir al máximo el área de que abarca cada bucle de string.



Esta forma de agrupación es incorrecta ya que los grandes bucles favorecen la aparición de sobretensiones por caídas de rayos...

2.14.19. Cables expuestos al sol

No existe una orientación clara en la normativa en cuanto a la consideración cuantitativa de la acción directa del sol sobre los tendidos de cable:

• La norma de intensidades admisibles en cables para instalaciones en edificios (UNE-HD 60364-5-52) nos remite a calcular la acción solar empleando la IEC 60287 (UNE 21144).

• La norma UNE 20435 para elección de cables de tensión superior o igual a 1 kV orientada a distribución (no edificación) tanto en BT como en MT ofrece valores para cables trenzados tipo RZ de cobre (POLIRRET FERIEX CPRO) o AL RZ de aluminio (AL POLIRRET CPRO) para cuando se prevé la acción solar directa sobre el tendido, pero sólo para estos tipos de cable. Los coeficientes aplicados varían entre 0,85 y 0,95 según la sección.

• La norma antecesora de la UNE 20435 fue la UNE 20435 (ya anulada) y en ella sí que se encontraba una orientación para reducir las intensidades admisibles en el apartado 3.1.2.1.4. (*El coeficiente de corrección que deberá aplicarse en un cable expuesto al sol es muy variable. Se recomienda 0,9*).

• La norma francesa NF C 15-100 establece 0,85 como coeficiente por exposición directa al sol.

Cuando no se tiene idea del nivel de afección del sol al tendido es bueno disponer de un coeficiente que al menos nos orienta, aunque su aplicación general sea para distribución y la norma esté anulada. Al menos, invita a no obviar en los cálculos esta influencia térmica. Quizá más importante puede ser saber la sobreelevación de temperatura estimada en los cables por su exposición al sol. En la siguiente tabla podemos encontrar los incrementos de temperatura estimados en el cable en función de su diámetro exterior, respecto al estándar de temperatura ambiente en España a la sombra (40 °C) para cálculos de conductores en instalaciones al aire.

Diámetro del cable (mm)	20	40	60	80
Sobreelevación de temperatura (°C)	10	18	24	28

En la tabla se observa como el incremento de temperatura depende fuertemente de la superficie del cable expuesta al sol.

Por tanto, para la mayoría de los cables de BT cuyo diámetro suele ser inferior a 20 mm en las condiciones estándares de temperatura (40 °C) deberemos corregir la intensidad admisible según el coeficiente correspondiente a 50 °C. En el caso de cables para MT o multipolares de elevada sección para BT, el diámetro exterior de los cables más habituales ronda los 40 o 60 mm lo que nos lleva a calcular la intensidad máxima admisible para una temperatura de 58 °C o 64 °C respectivamente.

Al respecto de la exposición de los cables al sol no debe perderse de vista lo que dice el REBT en su ITC-BT 30 pto. 2 donde se asemeja la intemperie a un local mojado y se exige la instalación de los cables bajo canalización estanca. Lo que llevaría a pensar que en BT sólo se admite expresamente el empleo en intemperie de los cables trenzados RZ (tipo POLIRRET FERIEX CPRO) y AL RZ (tipo AL POLIRRET CPRO) por estar expresamente admitidos (cables diseñados bajo norma UNE 21030 en ITC-BT 06) para redes tensadas o posadas en el exterior sin necesidad de conducto. Si bien la GUÍA-BT 30 (no vinculante) admite bandejas e intemperie en recintos de acceso restringido y a determinadas alturas en otros casos (ver pto. 2.1.2).

Igualmente recordamos que los cables de más habitual uso en BT (AFUMEX CLASS 1000 (AS) › RZ1-K (AS), RETENAX CPRO FLEX › RV-K...) están expresamente admitidos para instalaciones exteriores sin tubo o conducto según refleja la guía de utilización de sus respectivas normas de diseño. En resumen son técnicamente aptos para la intemperie pero expresamente no lo admite la reglamentación española. Aunque maticemos que a estas alturas alguna disposición regional racionalmente admite cables con cubierta en bandeja a la intemperie en determinadas zonas sin acceso al público en general.

Un caso especial de exposición al sol son cables tipo PRYSMIAN PRYSOLAR o TECSUN, especialmente pensados para prestar servicio al menos 30 años en las condiciones de una instalación fotovoltaica. Estos tendidos de intemperie rara vez se instalan bajo tubo o canal protectora cuando la canalización discurre por la superficie. Se encarece la instalación y se dificulta la ventilación de la misma cuando el producto instalado está ideado para soportar las condiciones ambientales de una instalación cuya exposición a la radiación del sol y a otros agentes atmosféricos está fuera de toda duda.

Los cables PRYSMIAN PRYSOLAR y TECSUN están pensados para soportar las exigencias de una instalación fotovoltaica.

2.14.20. Reducción de la potencia perdida por efecto Joule en los conductores, por reducción de la intensidad de corriente respecto al valor máximo admisible

Sabemos que no podemos pensar que un conductor transporte el 100 % de la intensidad máxima admisible para su sistema de instalación porque es necesario intercalar una protección entre el valor de intensidad de funcionamiento del cable y el máximo admisible, de esta forma si superamos los valores calculados el circuito quedará interrumpido sin peligrar la integridad del cable y de la instalación.

En la siguiente tabla observamos el importante efecto de la reducción de potencia perdida en los conductores de una línea por limitación de la intensidad de corriente que circula por la misma. Una reducción del 20 % respecto al valor máximo admitido para el conductor en su sistema de instalación lleva aparejado una reducción de pérdidas térmicas del 40 % y si la intensidad admisible se rebaja en un 30 % las pérdidas bajarán hasta el 55 %. No existe proporcionalidad lineal puesto que como sabemos el efecto Joule es función cuadrática de la intensidad que recorre el conductor ($P = R \cdot I^2$). Es importante tener presentes estos valores para extraer la moraleja de que la generosidad con las secciones de conductor no es sinónimo de gasto innecesario en un entorno de tarifas crecientes desenganchadas del IPC.

Reducción de la intensidad que circula por los conductores respecto a la intensidad máxima admisible (%)	Reducción de potencia perdida en los conductores (%)
0	0
10	21
20	40
30	55
40	68
50	78
60	86
70	92
80	97
90	99
100	100

2.14.21. Cálculos de sección a 50 y a 60 Hz en BT

En los tiempos que corren es fácil encontrarse con proyectos para instalaciones eléctricas que funcionan a 60 Hz de frecuencia en lugar de 50 Hz (frecuencia industrial en España). Estudiemos si hay mucha diferencia para nuestros cálculos de sección de conductor.

Criterio de la intensidad admisible

Si observamos la norma de referencia para las intensidades admisibles en instalaciones en edificios (instalaciones interiores o receptoras en general) UNE-HD 60364-5-52 que adopta la norma internacional IEC 60364-5-52, tras el punto B.52.6.2 encontramos la NOTA 1 del apartado Notas generales para las tablas que dice textualmente: ... *Las corrientes tabuladas hacen referencia al funcionamiento en régimen permanente (factor de carga 100 %) en corriente continua o en corriente alterna de frecuencia nominal 50 o 60 Hz.*

Es decir, el cálculo por el criterio de la intensidad admisible no varía porque la instalación sea para una frecuencia de 50 o 60 Hz para las secciones habituales de conductor (los valores tabulados llegan hasta un máximo de 630 mm² en algún sistema de instalación concreto si bien las secciones de conductor más comunes en stock no suelen superar los 300 mm² y sólo en algunos tipos de cable). Estrictamente sabemos que la intensidad admisible depende de la resistencia del conductor y de la resistencia térmica del entorno. Y al depender la resistencia en corriente alterna de la frecuencia (efectos piel y proximidad, ver UNE 21144 o IEC 60287) hay una variación de la misma al alza al aumentar la frecuencia pero como vemos la norma lo considera despreciable para este salto pequeño de sólo 10 Hz.

Como ejemplo tenemos los siguientes incrementos de resistencia por aumentar la frecuencia de 50 a 60 Hz:

$$240\ Al \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60\ Hz} = 0{,}2\ \%$$
$$240\ Cu \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60\ Hz} = 0{,}7\ \%$$
$$500\ Al \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60\ Hz} = 1{,}5\ \%$$
$$500\ Cu \rightarrow \Delta R_{50 \rightarrow 60\ Hz} = 3{,}4\ \%$$

NOTA: se recuerda que las intensidades admisibles son las mismas si el conductor es rígido como si es flexible. La norma UNE-HD 60364-5-52 (e IEC 60364-5-52) no ofrece valores distintos.

Criterio de la caída de tensión

La caída de tensión en una línea depende esencialmente de la resistencia eléctrica de la misma y a partir de cierta sección (que puede ser 35 mm² para conductores de cobre y 70 mm² para conductores de aluminio) la reactancia de la línea empieza a tener su influencia en la misma.

Cómo hemos visto en el apartado anterior el paso de 50 a 60 Hz no implica una elevación significativa de la resistencia para las secciones de habitual uso.

La variación de la reactancia si es fácilmente cuantificable dado que como sabemos la reactancia se puede expresar:

$$X = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Dónde L es el coeficiente de inducción mutua y es un valor que depende de la geometría de los conductores del tendido y de su disposición no de la frecuencia. (Ver apartado 2.14.6.).

$$X_{50\,Hz} = 2 \times \pi \times 50 \cdot L$$
$$X_{60\,Hz} = 2 \times \pi \times 60 \cdot L$$
$$X_{60\,Hz}/X_{50\,Hz} = 1,2 \rightarrow \text{incremento del 20 \% en la reactancia}$$

Si tenemos en cuenta que, según leemos en la norma UNE-HD 60364-5-52 y la norma francesa UTE C 15-105 y cómo se puede demostrar con cálculos, con carácter general podemos tomar como valor para la reactancia de una línea 0,08 Ω/km independientemente de la sección del conductor, disposición (tresbolillo o en el mismo plano) y sistema de instalación, tendremos el valor de 0,096 Ω/km como valor generalmente admisible para cálculos de líneas en BT a 60 Hz. (Ver fórmulas de cálculo de sección con influencia de la reactancia en el apartado 2.6.)

Criterio del cortocircuito

La fórmula del calentamiento adiabático es:

$$I^2_{cc} \cdot t_{cc} = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Ni la intensidad de cortocircuito (I_{cc}), ni el tiempo de actuación de las protecciones (t_{cc}) varían con la frecuencia. Tampoco la sección del conductor (S), las temperaturas inicial (θ_i) o final (θ_f) ni la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura (β). Finalmente K, que es una constante que depende del material conductor utilizado y del aislamiento, tampoco se ve alterada por la frecuencia por lo que los resultados del cálculo no se verán afectados por el cambio de frecuencia de 50 a 60 Hz.

Cuando se calculan conductores por el criterio de cortocircuito debemos tener en cuenta que las reactancias de los mismos aumentan un 20 % (60/50 = 1,2) por pasar de 50 a 60 Hz.

La reactancia de referencia en las líneas será pues 0,096 Ω/km en ausencia de datos más precisos (0,08 Ω/km x 1,2 = 0,096 Ω/km).

Al aumentar la reactancia y por tanto las impedancias del circuito los valores de intensidad de cortocircuito para los que se considere la reactancia en su cálculo tendrán a 60 Hz un valor inferior al de 50 Hz.

Conclusiones

Vemos que si estamos acostumbrados a hacer cálculos en corriente alterna a 50 Hz, para obtener secciones de conductor a 60 Hz sólo debemos considerar el aumento de la reactancia cuando esta influye al calcular por el criterio de la caída de tensión (recomendamos que así sea para $S_{Cu} \geq 35$ mm² y $S_{Al} \geq 70$ mm²) o a la hora de calcular el cortocircuito en la línea donde las reactancias aumentan un 20 %. Tal incremento de reactancia inductiva influye además poco para los cálculos de las secciones de conductor convencionales de uso siempre bajo el supuesto de líneas en las que los armónicos no tengan mucha presencia.

NOTA: la norma UNE HD 60364-5-52 es la versión oficial, en español, de la norma internacional IEC 60364-5-52 (2009)), por lo que también tiene correspondencia con esta norma de referencia internacional.

Asimismo, recordar que los valores de intensidades en estas normas se derivan de acuerdo con los métodos dados en la norma IEC 60287, utilizando las dimensiones especificadas en la norma IEC 60502, con las resistencias de conductor dadas en la norma IEC 60228.

2.14.22. Últimas normas de diseño para cables de BT

Se publicó en el 2012 la nueva norma UNE-EN 50525 "Cables eléctricos de baja tensión. Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V (Uo/U)", que es la trasposición de la norma europea EN 50525 y que comporta la anulación de las siguientes normas de referencia para cables armonizados:

UNE 21027 – Cables aislados con goma de tensiones asignadas Uo/U inferiores o iguales a 450/750 V. (Cables tipo **FLEXTREME MAX, AFUMEX CLASS PANELES , AFUMEX EXPO**...)

UNE 21031 – Cables aislados con policloruro de vinilo de tensiones asignadas Uo/U inferiores o iguales a 450/750 V. (Cables tipo **WIREPOL CPRO RÍGIDO, FLEXIBLE Y GAS**).

Además de su actualización técnica, esta norma supone una racionalización de la estructura normativa para los cables de baja tensión armonizados, agrupándolos por su utilización prevista en lugar del material de aislamiento, los cables.

La norma UNE-EN 50525 consta de las siguientes partes:

Parte 1: Requisitos generales.
Parte 2: Cables de utilización general.
Parte 3: Cables con propiedades especiales ante el fuego.

Cada una de estas partes se subdivide teniendo en cuenta su utilización según sean cables flexibles, unipolares con o sin cubierta para instalaciones fijas y cables para aplicaciones especiales.

Como caso particular se encuentra la norma UNE 211002 (cables tipo **AFUMEX CLASS 750 V (AS)**, las características constructivas de los tipos de cable armonizados incluidos en ella se encuentran también en la mencionada serie UNE-EN 50525.

Cables de la serie UNE 21027 (anulada)

Anterior		Designación del cable	Nombre Prysmian	Actual	
Norma de diseño	Título			Norma de diseño	Título
UNE 21027-4	Cables flexibles.	H07RN-F / DN-F	FLEXTREME MAX	UNE-EN 50525-2-21	Cables flexibles con aislamiento de elastómero reticulado. Cables de utilización general.
UNE 21027-9	Cables unipolares sin cubierta libres de halógenos para instalación fija, no propagadores del incendio y con baja emisión de humos.	H05Z-K H07Z-K	AFUMEX PANELES FLEXIBLE	UNE-EN 50525-3-41	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humos.
UNE 21027-13	Cables flexibles libres de halógenos y baja emisión de humos.	H07ZZ-F	AFUMEX EXPO	UNE-EN 50525-3-21	Cables flexibles con aislamiento reticulado libre de halógenos y baja emisión de humos. Cables resistentes al calor (90 °C).

Cables de la serie UNE 21031 (anulada)

Anterior		Designación del cable	Nombre Prysmian	Actual	
Norma de diseño	Título			Norma de diseño	Título
UNE 21031-3	Cables unipolares sin cubierta para instalaciones fijas.	H05V-U H05V-R H07V-U	**WIREPOL CPRO RÍGIDO**	UNE-EN 50525-2-31	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico (PVC). Cables de utilización general.
		H05V-K H07V-K	**WIREPOL CPRO FLEX**		
UNE 21031-5	Cables flexibles.	H05VV-F	**WIREPOL CPRO GAS**	UNE-EN 50525-2-11	Cables flexibles con aislamiento termoplástico (PVC). Cables de utilización general.

Cables de la serie UNE 211002

Anterior		Designación del cable	Nombre Prysmian	Actual	
Norma de diseño	Título			Norma de diseño	Título
UNE 211002*	Cables unipolares, no propagadores del incendio, con aislamiento termoplástico libre de halógenos, para instalaciones fijas.	H07Z1-K (AS) TYPE 2	**AFUMEX CLASS 750 V (AS)**	UNE-EN 50525-3-31	Cables unipolares sin cubierta con aislamiento termoplástico libre de halógenos y baja emisión de humos. Cables para instalaciones fijas.
		ES05Z1-K (AS)		Sin correspondencia	

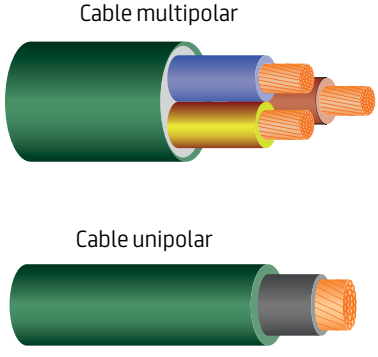
* A diferencia de la serie de normas UNE 21031 y UNE 21027, esta norma UNE no ha sido anulada por la edición de la serie de normas UNE-EN 50525.

NOTA: los cables de la norma UNE- EN 50525 que prodecen de las normas anuladas UNE 21027 y UNE 21031 tienen las normas UNE-EN 50565-1 y UNE-EN 50565-2 como guía de utilización

2.14.23. Coloración de los conductores

El apartado 2.2.4 de la ITC-BT 19 del REBT establece la identificación por color de los conductores según su función (fases, neutro o conductor de protección). También la norma UNE 21089-1 (HD 308 S2) contempla las coloraciones de los aislamientos para los cables eléctricos multipolares entre 2 y 5 conductores (quedan excluídos algunos tipos concretos como cables para corriente continua o cables trenzados para redes aéreas).

Los colores se asignan según la función que va a desempeñar ese conductor en el circuito:

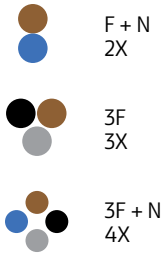


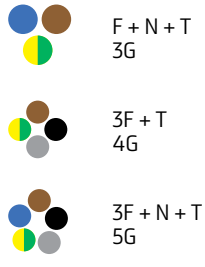
El color marrón adquiere prioridad como conductor de fase y por ello es el color de fase que aparece en los cables para circuitos monofásicos.

Los cables unipolares con cubierta no tienen diferentes coloraciones de aislamiento asignadas. Debe identificarlos el instalador con señalizadores en la cubierta (GUIA-BT 19, pto. 2.2.4).

La existencia o no del conductor de protección amarillo/verde va a condicionar la designación del número de conductores y la sección nominal del cable (UNE 20434, tabla 3). Así un cable con conductor amarillo/verde sustituirá el símbolo X por G (Ground = tierra).

Las designaciones quedarán pues como sigue:





Así un cable 4G16 sabemos que tiene 4 conductores de 16 mm² de sección uno de los cuales es amarillo/verde (y por tanto los otros 3 serán fases: marrón, negro, gris al no tener sentido otra formación pues no es lógico que fueran dos fases + neutro ya que en general los tendidos son trifásicos o monofásicos).

Un cable de 3x25 presenta 3 conductores de 25 mm² de sección. Los colores serán marrón, negro y gris (3 fases). En manos del proyectista o instalador queda incluir un conductor unipolar de protección adicional para el circuito en que aplique el cable.

En el punto 6.2.4. de la norma IEC 60445 encontramos expresamente citado que está especificado en el color rojo para el conductor positivo y el blanco para el negativo, no menciona el color negro que si figura como color preferente en la norma UNE-EN 50618 de cables fotovoltaicos (pto. 5.3.4). Sí no se emplean 2 colores la norma nos habla de un código alfanumérico para identificar el conductor positivo y el negativo (L+ y L-).

2.14.24.Cables unipolares y cables multipolares. Cuándo utilizarlos

Más allá del cálculo de la sección de los conductores de una línea tenemos la elección de cables unipolares o cables multiconductores para ejecutar los tendidos. Veamos consideraciones a tener en cuenta para facilitar la tarea del instalador.

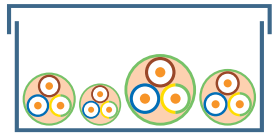
Una vez obtenida la sección de los conductores de una línea eléctrica en muchas ocasiones queda en manos del instalador en obra elegir cables de un solo conductor o no. Hay criterios técnicos que pueden ayudar a quedarnos con la opción más adecuada.

Para empezar señalaremos lo más importante, y es que si una línea está calculada para cable multiconductor, se pueden utilizar cables unipolares puesto que los circuitos constituidos por agrupación de cables unipolares soportan mayor intensidad admisible que si se utiliza cable multiconductor. La disipación térmica se ve perjudicada cuando una cubierta "abraza" varios conductores aislados (ver UNE-HD 60364-5-52) aunque poco cuantitativamente.

Por ejemplo, si en una bandeja perforada disponemos 4 conductores unipolares (3 fases + neutro) **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 1x70 para alimentación trifásica la máxima intensidad admisible que soportará será de 243 A (XLPE3, instalación tipo F) mientras que si se opta por instalar el mismo tipo de cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** pero de 4x70 la intensidad máxima se reduce hasta los 223 A (XLPE3, instalación tipo E).

De todo esto se deduce que a efectos técnicos se puede pasar de cables multipolares a unipolares, pero no al revés (salvo que se hagan las comprobaciones necesarias).

Cuando existe la posibilidad de confundir conductores de un circuito con los de otro se recomienda el uso de cables multiconductores, así, cada cable contendrá todos los conductores de un solo circuito. Por ejemplo, en las canaladuras de difícil acceso a lo largo de su recorrido que contienen dos o más circuitos como canalizaciones verticales que contengan varias derivaciones individuales en edificios.



En canales protectoras lo idóneo es instalar cables multipolares para no confundir conductores de diferentes circuitos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior la manejabilidad del cable es el factor crítico para decidir. Los cables multiconductores precisan de bobinas más voluminosas y pesadas y su tendido exige radios de curvatura muy superiores a cables unipolares, dado que este es función del diámetro exterior del cable.

¿Dónde estaría el límite en el que empezar a pensar en cables unipolares en lugar de multipolares? Podríamos decir que cuando se trata de tendidos interiores con las lógicas limitaciones de espacios y radios de curvaturas, se suele pensar en cables unipolares cuando las secciones superan los 35 mm². Este valor podría ser una referencia orientativa.

Por supuesto si disponemos de espacio y medios necesarios para manejo de grandes bobinas se pueden instalar cables de hasta 4x240. Puede ser el caso de instalaciones directamente enterradas o tendidos cortos poco sinuosos. (Ver tabla comparativa de datos del cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 4x240 y la alternativa unipolar de 1x240).

Cable	Peso	Diámetro exterior	Radio de curvatura	Diámetro de bobina	Capacidad de bobina
	kg/m	mm	mm	mm	m
AFUMEX CLASS 1000 V (AS) 4x240	10,6	64,4	386	2200	250
AFUMEX CLASS 1000 V (AS) 1x240	2,4	28,6	143	1400	800

(Valores aproximados) NOTA: para conocer los radios de curvatura de los cables de BT se ruega consultar el apartado 2.10.

Los cables multipolares permiten agrupar todos los conductores de un circuito bajo una misma cubierta con la correcta coloración de cada aislamiento para identificar fácilmente la función del conductor (marrón, negro y gris para las fases, azul para el neutro y amarillo/ verde para el conductor de protección). Los cables unipolares de 0,6/1 kV no tienen diferentes coloraciones asignadas, los cables tipo **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** tienen cubierta verde, los **RETENAX CPRO FLEX** de color negro, etc. Por ello, precisan de una identifcación a instalación acabada que corre por cuenta del instalador.

2.14.25. Designación de los cables para BT

La GUIA-BT 19 nos sugiere como identificar los conductores unipolares de 0,6/1 kV en el punto 2.2.4: Los cables unipolares de tensión asignada 0,6/1 kV con aislamiento y cubierta no tienen aplicadas diferentes coloraciones, en este caso el instalador debe identificar los conductores mediante medios apropiados, por ejemplo mediante un señalizador o argolla, una etiqueta, etc.. en cada extremo del cable.

No es una solución inteligente siempre pensar en cables unipolares de 0,6/1 kV con diferentes coloraciones de aislamiento. Nos olvidaríamos del problema de la identificación pero se multiplicarían los stocks y deberíamos ir provistos de una voluminosa bobina para cada color en la mayoría de los casos cuando en la situación actual con un solo color tenemos para todos los conductores del tendido salvo el conductor de protección que en secciones superiores a 16 mm² sabemos que puede ser de la mitad del valor de las fases. El neutro debe ser igual a las fases salvo justificación por cálculo (ITC-BT 19, pto. 2.2.2 último párrafo).

Los cables eléctricos aislados de tensión asignada hasta 450/750 V se designan según las especificaciones de la norma UNE 20434 (Sistema de designación de los cables). Esta norma corresponde a un sistema armonizado (Documento de armonización HD 361 de CENELEC) y por lo tanto estas especificaciones son de aplicación en todos los países de la Unión Europea.

El sistema utilizado es una secuencia de símbolos en el que cada uno de ellos, según su posición, tiene un significado previamente establecido en la norma.

Los cables de tensión asignada 0,6/1 kV no están armonizados, por lo que este sistema de designación no les es de aplicación. Existen discrepancias y contradicciones entre ambos sistemas de designación, ya que el mismo símbolo puede tener significados distintos según se trate de un cable 450/750 V o un cable 0,6/1 kV. Si bien existen muchos paralelismos. En la tabla siguiente se han incluido los símbolos de más frecuente utilización:

Referencia A:	Símbolo	Significado
Correspondencia con la normalización	H ES	Cable según normas armonizadas. Cable de tipo nacional (no existe norma armonizada).
Tensión asignada	05 07	300/500 V 450/750 V
Aislamiento	Z1 Z V R	Mezcla termoplástica a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Policloruro de vinilo. Goma natural o goma de estireno-butadieno.
Cubierta	Z1 Z V N	Mezcla termoplástica a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Mezcla reticulada a base de poliolefina con baja emisión de gases corrosivos y humos. Policloruro de vinilo. Policloropreno (o material equivalente).
Tipo de conductor	-K -R -U -F	Flexible para instalaciones fijas (clase 5 de UNE-EN 60228). Rígido, de sección circular, de varios alambres cableados (Clase 2 de UNE-EN 60228). Rígido, de sección circular, de un solo alambre (Clase 1 de UNE-EN 60228). Flexible para servicios móviles (Clase 5 de UNE-EN 60228).

A modo de ejemplo podemos ver que el cable tipo **WIREPOL CPRO RÍGIDO** (H07V-R) es cable según normas armonizadas (H) de tensión asignada 450/750 V (07) con aislamiento de PVC (V) y con conductor rígido de varios hilos (-R).

El cable tipo **AFUMEX EXPO** (H07ZZ-F) es también cable según normas armonizadas (H) con tensión asignada 450/750 V (07) con aislamiento de mezcla reticulada (termoestable) con baja emisión de gases corrosivos y humos (Z), cubierta del mismo tipo de material (Z) y flexible para servicios móviles (-F).

2.14.26. Las unidades del sistema internacional y los cables

Las unidades del sistema internacional están muy presentes tanto en los cálculos como en las designaciones de los cables, como sabemos afectan a casi todos los ámbitos de nuestra vida. Quizá sea conveniente recordar la convención oficial acerca de la escritura de las unidades y los valores numéricos, es muy posible que se encuentre con sorpresas.

Si, por ejemplo, alguien solicitara una partida de cable escribiendo en un papel o en un mail: 180 M.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) 3G16, 0'6/1KV, se entiende lo que se ha escrito, pero asimismo existen errores en la expresión de los símbolos de las unidades.

La escritura correcta sería: 180 m **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** 3G16, 0,6/1 kV

El RD 2032/2009 establece el Sistema Legal de Unidades de Medida. Ojeando su contenido nos encontramos interesantes detalles, toda vez que cualquier profesional del campo de la técnica va a manejar algún tipo de unidad sea cual sea la disciplina a la que se dedique y en general cualquier persona se va a encontrar con las unidades de medida en el día a día.

Es frecuente error encontrarse mal escritos los símbolos de las unidades del sistema internacional (SI). Añadir una s en el plural, escribirlos seguidos de punto o utilizar arbitrariamente las mayúsculas son algunas de las incorrecciones más usuales.

Recurrimos al capítulo I del RD 2032/2009 para recordar que el símbolo de metro es m, y el de segundo s. El producto de dos o más unidades se indica con preferencia por medio de un punto, que es suprimible si no se puede confundir con otro símbolo unidad múltiplo o submúltiplo. Así, un N·m se puede escribir como N m pero no como mN (milinewton). Por cierto que este producto de símbolos es el newton metro, siendo N/m newton por metro.

Los símbolos que corresponden a unidades derivadas de nombres propios, se escriben con mayúscula en su letra inicial. Por ejemplo T para el tesla o Hz para el hercio y también los símbolos de prefijos de múltiplos, como mega (M), tera (T), giga (G), salvo deca (da), hecto (h) y kilo (k). El nombre de la unidad es con inicial minúscula. Por ejemplo: julio (J), vatio (W), voltio (V), ohmio (Ω), etc.

Las comas que separan los decimales de la parte entera de las cantidades, deben ir siempre abajo (en la línea de escritura). Y curiosamente no se debe utilizar el punto para separar las unidades de mil de las centenas, ni los millones de las centenas de millar, se debe hacer mediante un espacio o sin utilizar separador alguno, p.e.: sería correcto escribir 7478,2 o 7 478,2 pero no está aceptado oficialmente 7.478,2.

Nos encontramos otro error frecuente de escritura cuando la cantidad y el símbolo de la unidad se encuentra unidos, así 35 mm^2 es correcto y no 35 mm^2.

Recomendamos la lectura del RD 2032/2009 para más detalles interesantes sobre las unidades legales de medida.

2.14.27. Secciones de conductor ¿de dónde provienen?

Los números normalizados sirven para unificar valores de sección de conductor y con ello limitar las referencias de productos para racionalizar tanto la gestión de fabricaciones o de stocks o simplificar los cálculos entre otras ventajas.

Las secciones de conductor se obtienen a partir de potencias decimales.

La serie de números que se emplea para las secciones eléctricas de conductor es también referencia para otros componentes como por eJemplo para las intensidades nominales de los interruptores automáticos.

Si obtenemos la potencia de base diez (antilogaritmo) de los números a partir de cero con intervalos de una décima y tomamos valores alternos, por redondeo conseguiremos la serie de los primeros números normales que aplican a los cables eléctricos. Lo entenderemos fácilmente observando la siguiente tabla.

x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	07
10^x	1	1,26	1,58	2	2,51	3,16	3,98	5,01
Sección	1		1,5		2,5		4	
x	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
10^x	6,31	794	10	12,59	15,85	19,95	25,11	31,62
Sección	6		10		16		25	

Las secciones superiores a 25 mm^2 actuales se obtuvieron por ajuste posterior de los números de la serie si bien inicialmente siguieron la misma lógica dejando de ser alternos a partir de 25 mm^2.

x	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
10^x	39,81	50,12	63,10	79,43	100,00	125,89	158,49	199,53
Sección inicial	40		63		100		160	
Sección en uso	35	50	70		95	120	150	185
x	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1
10^x	251,19	316,23	398,11	501,19	630,96	794,33	1000,00	1258,93
Sección inicial	250	300	400	500	630	800	1000	
Sección en uso	240	300	400	500	630	800	1000	

2.14.28. Elección de la tensión asignada de los cables en BT

Calcular la sección de un conductor es algo bastante conocido, pero hay otro parámetro a tener en cuenta cuando se calcula un tendido, el nivel de aislamiento o tensión asignada que no se obtiene sólo conociendo la tensión eléctrica del tendido, sino que viene fijado por la ITC-BT 20 que contiene, con carácter general, valores mínimos obligatorios para cada sistema de instalación.

Si sabemos que una instalación de vivienda funcionará a 230 V de tensión no hacemos lo correcto si instalamos un cable de 300 V de tensión asignada* compuesta dado que el REBT exige valores mínimos de tensión asignada según el sistema de instalación. Tales valores suelen ser bastante mayores que las tensiones de común uso. Repasemos de forma breve las tensiones mínimas exigidas en los diferentes apartados de la ITC-BT 20 (*Instalaciones interiores o receptoras: sistemas de instalación*).

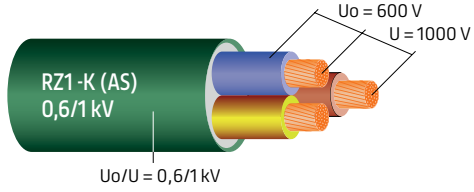
¿Qué es tensión simple (Uo) y tensión compuesta (U)?

Los niveles de aislamiento de los cables de energía también llamados tensión asignada se definen por los valores de tensión simple y tensión compuesta (Uo/U), siendo:

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

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

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)



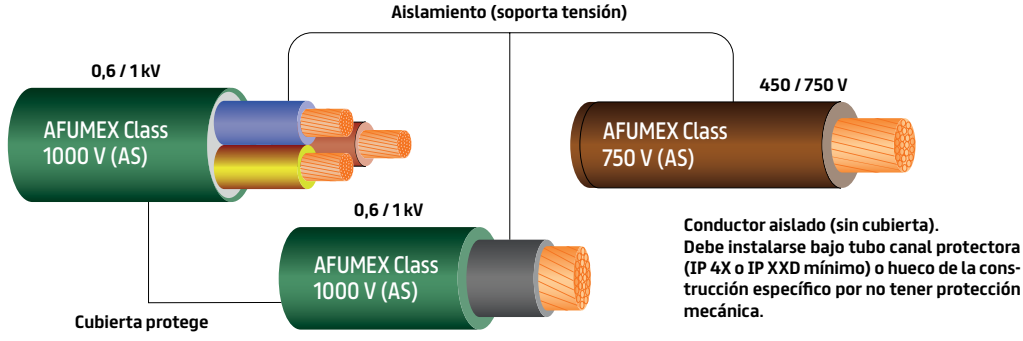
Tensión mínima exigida de 450/750 V

- Conductores aislados bajo tubos protectores (*apartado 2.2.1 de ITC-BT 20*).
- Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción (*apartado 2.2.6*).
- Conductores aislados bajo canales protectoras de grado IP4X o superior (*apartado 2.2.7*).
- Conductores aislados bajo molduras (*apartado 2.2.7*).

Tensión mínima exigida de 0,6/1 kV

- Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes (*apartado 2.2.2*)

Se trata de cables a la vista sin protección extra, por lo que el cable debe ir dotado de su propia protección (la cubierta) como exige este apartado de la ITC-BT 20 al prescribir que los cables vayan provistos de aislamiento y cubierta.



Las cubiertas dotan de protección mecánica a los cables.

*Antes conocida como tensión nominal.

• Conductores aislados enterrados (*apartado 2.2.3*)

La redacción de este apartado es algo ambigua ya que admite que los cables puedan no tener cubierta y tensión asignada 0,6/1 kV. Al remitir a la ITC-BT 07 está admitiendo implícitamente ser cables con cubierta y tensión asignada 0,6/1 kV. En esta misma línea se prescriben los cables enterrados en otras ITC-BT como la número 15.

Cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) con aislamientos en cada conductor y cubierta. Tensión asignada 0,6/1 kV.

La cubierta se exige en estos cables pues al enterrarlos directamente podrían ver dañados sus aislamientos sin esta protección mecánica. Cuando se soterran bajo tubo ya están protegidos por este pero se debe admitir que la fase de tendido puede dañar los aislamientos si se tratara de simples conductores aislados. Además se trata de canalizaciones susceptibles de verse afectados por las filtraciones de agua lo que hace pensar lógica una protección mecánica del cable desde su fabricación dotándole de cubierta y el nivel de aislamiento máximo dentro de la BT (0,6/1 kV).

• Conductores aéreos (apartado 2.2.5)

Este apartado remite a la ITC-BT 06 donde se explica que los cables deben ser de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV y cumplir la UNE 21030. Se trata de cables trenzados para redes aéreas tensadas sobre apoyos o posadas sobre fachadas típicamente a la intemperie.

Cables trenzados de cobre POLIRRET FERIEX CPRO (UNE 21030-2) y de aluminio AL POLIRRET CPRO (UNE 21030-1).

Cables trenzados tipo AL POLIRRET CPRO en redes posadas sobre fachada.

Este punto 2.2.5 aplica a los cables que no están dentro del punto 2.2.2, según se lee. Podemos decir que en tal apartado 2.2.2 estarían incluidos los cables grapados en paredes interiores (ver ITC-BT 30 pto. 2) siendo los cables tipo Polirret Feriex CPRO y Al Polirret CPRO aptos para interiores o exteriores.

Sin tensión mínima exigida

• Conductores aislados directamente empotrados en estructuras (apartado 2.2.4.)

No se exige un nivel de tensión asignada mínimo pero sí que los cables tengan aislamiento y cubierta. Ver apartado siguiente.

• Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas (apartado 2.2.9).

Los cables instalados en bandeja deben ser aislados y con cubierta. No se exige un nivel de tensión mínimo concreto, si bien es evidente que la tensión compuesta asignada del cable deberá ser igual o superior a la tensión del circuito. Típicamente se emplean los cables de 0,6/1 kV de común uso tipo RV-K (RETENAX CPRO Flex) o RZ1-K (AS) (AFUMEX CLASS 1000 V (AS)) puesto que responden a la exigencia. Pensar en cables con aislamiento y cubierta y menor nivel de tensión no es práctico puesto que se trataría de pedidos especiales sujetos a mínimos y plazos de fabricación y el coste sería más elevado por fabricarse en menos cantidad.

Parece lógico pensar en la exigencia de cubierta para los cables en bandeja o soporte de bandeja dado que se trata de una canal sin tapa y por tanto de deja a la vista el cable con el peligro de que alguna agresión mecánica pueda afectarle. Para ello las cubiertas de los cables protegen conductores y aislamientos.

En las bandejas deben instalarse cables con aislamiento (función eléctrica de soportar tensión) y cubierta (función mecánica de proteger el aislamiento y conductor).

NOTA: a pesar de que en el apartado se dice que no se exige tensión mínima compuesta asignada (U) del cable con carácter genérico, esta debe ser al menos igual o superior a la tensión nominal de la red en todos los casos. Es decir para un tendido en bandeja de 690 V de tensión nominal de red no podemos emplear cualquier cable con cubierta, deberá además ser de una tensión asignada (U) igual o superior a esos 690 V.

Otros casos

• Conductores aislados bajo canales protectoras de grado inferior a IP4X (*apartado 2.2.7*).

Se exigen cables con aislamiento y cubierta de tensión asignada mínima 300/500 V.

• Instalaciones a tensiones especiales (ITC-BT 37).

Se entienden como tensiones especiales las instalaciones que superan 500 V de valor eficaz en corriente alterna o 750 V de valor medio aritmético en corriente continua. En este caso la tensión asignada exigida al cable no será inferior a 0,6/1 kV.

2.14.29. Separación entre cables eléctricos de energía y cables de comunicaciones (UTP, FTP...)

Es sabido que se deben tomar medidas para que los cables de suministros eléctricos no perturben las comunicaciones pues estos últimos transmiten señales débiles, fáciles de alterar por las inducciones electromagnéticas procedentes de las líneas de potencia. Conozcamos las distancias a emplear en los tendidos para asegurar el correcto funcionamiento de las comunicaciones.

El apartado 6 de la norma UNE-EN 50174-2 establece las condiciones para el cálculo de la separación entre los cables de acuerdo con la serie de normas UNE EN 50288 (redes LAN (UTP, FTP...)) y los cables de energía para asegurar que los primeros no se ven afectados por los campos electromagnéticos generados por los últimos afectando a la transmisión de las señales débiles que conducen.

Primeramente se debe conocer la clasificación de separación de los cables de tecnologías de la información (redes LAN) y esta se establece en funcion del tipo de cable (apantallado, no apantallado, coaxial/doble axial) y de un parámetro de transmisión particular de ese tipo de cable que nos debe facilitar el fabricante en su ficha técnica.

Cable de tecnología de la información			
Apantallado	No apantallado	Coaxial/doble axial	
Atenuación de acoplamiento desde 30 MHz hasta 100 MHz (dB)	Pérdida de conversión transversal (TCL) desde 30 MHz a 100 MHz (dB)	Atenuación de apantallamiento desde 30 a 100 MHz (dB)	Clasificación de separación
≥ 80	≥ 70 - 10 x lg f	≥ 85	d
≥ 55	≥ 60 - 10 x lg f	≥ 55	c
≥ 40	≥ 50 - 10 x lg f	≥ 40	b
< 40	< 50 - 10 x lg f	< 40	a

De acuerdo a la clasificación de separación obtenemos unos valores de base (S) para calcular la distancia mínima que es necesario prever entre las los tendidos de tecnologías de la información y los de energía.

		Canalización aplicable al cableado de tecnología de la información o de suministro eléctrico		
Clasificación de separación	Separación sin barrera electromagnética (mm)	Canalización metálica abierta (bandeja rejilla o perforada) (mm)	Canalización metálica perforada (bandeja lisa o perforada menos de 20 % de su superficie) (mm)	Canalización metálica sólida (canal o conducto de acero sin perforar de espesor mínimo 1,5 mm) (mm)
d	10	8	5	0
c	50	38	25	0
b	100	75	50	0
a	300	225	150	0

Estos valores de base han de ser multiplicados por un factor de cableado de suministro eléctrico (P) para obtener la distancia de separación.

Núm. de veces con 20 A en la canalización*	Factor P
1 a 3	0,2
4 a 6	0,4
7 a 9	0,6
10 a 12	0,8
13 a 15	1
16 a 30	2
31 a 45	3
46 a 60	4
61 a 75	5
> 75	6

La distancia de separación será el producto S x P.

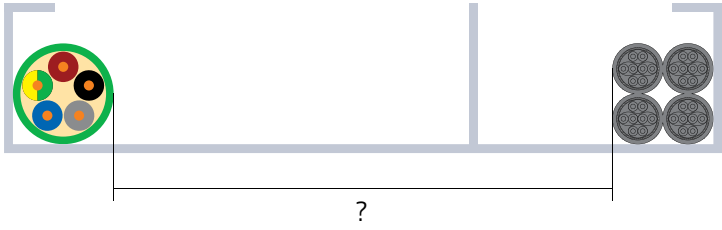
Se recomienda leer la norma UNE EN 50174-2 para ampliar información.

NOTA: Si hubiera requisitos adicionales más restrictivos (mayor separación), contemplados en otras normativas de aplicación, se deberán tener en cuenta.

← (*) Representa el número de veces que hay 20 A en la canalización de energía. Es decir, una línea trifásica con 140 A de intensidad de línea corresponde a 21 veces 20 A (140 A/20 A = 7; 7 x 3 = 21). El factor P en este caso sería 2.

Ejemplo

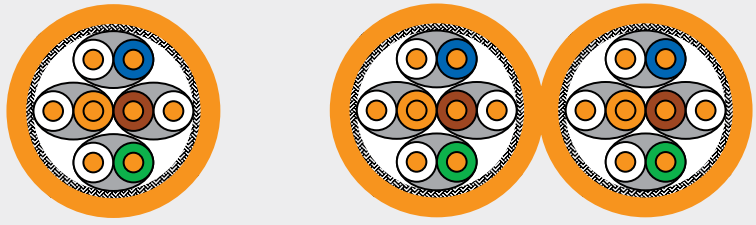
Queremos saber la distancia de separación que debe respetarse entre un tendido de BT con un cable trifásico de 25 A de intensidad de línea y un tendido de cables S/FTP UC900 HS23 Cat. 7 de Prysmian. Empleamos para la canalización una bandeja de PVC perforada con separador de cables de energía y comunicaciones.



Vemos que el cable S/FTP es apantallado por lo que debemos conocer su atenuación de acoplamiento (coupling attenuation) para obtener la clasificación de separación de la primera tabla (*ver primera columna*).

UC900 HS23 Cat.7

S/FTP



Electrical properties

at 20 °C ± 5 °C

Loop resistance		≤ 165 Ω/km
Resistance unbalance		≤ 2%
Insulation resistance	(500)	≤ 2000 MΩ*km
Mutual capacitance	at 800 Hz	Nom. 43 nF/km
Capacitance unbalance	(pair/ground)	≤ 1500 pF/km
Characteristic impedance	(1-100) MHz	(100 ± 5) Ω
	(100-250) MHz	(100 ± 10) Ω
	(250-600) MHz	(100 ± 15) Ω
Nominal velocity of propagation		ca. 79∞
Propagatión delay		≤427 ns/100m
Delay skew		≤12 ns100m
Tesy voltage	(DC, 1 min) core/core and core/screen	1000 V
Transfer impedance	at 1 MHz	20 m/Ωm
	at 10 MHz	30 m/Ωm
	at 30 MHz	40 m/Ωm
	at 100 MHz	200 m/Ωm
Coupling attenuation		75 dB

Vemos en la ficha técnica que la atenuación de acoplamiento es de 75 dB lo que se corresponde con la clasificación de separación c. Al tratarse de una canalización en bandeja de PVC no hay barrera electromagnética de separación y en la segunda tabla vemos que la separación S de base será de 50 mm. Valor que debemos multiplicar por P para obtener el valor real de separación entre tendidos.

Cable de tecnología de la información					
Apantallado	No apantallado	Coaxial/doble axial			
Atenuación de acoplamiento desde 30 MHz hasta 100 MHz (dB)	Pérdida de conversión transversal (TCL) desde 30 MHz a 100 MHz (dB)	Atenuación de apantallamiento desde 30 a 100 MHz (dB)	Clasificación de separación	Clasificación de separación	Separación sin barrera electromagnética (mm)
80	70 - 10 x lg f	85	d	d	10
55	60 - 10 x lg f	55	c	c	50
40	50 - 10 x lg f	40	b	b	100
< 40	< 50 - 10 x lg f	< 40	a	a	300

Calculamos P: 25 A/20 A = 1,25 • 2 • al ser trifásica • 2 x 3 = 6
En la tabla de factor de cableado vemos que para 6 veces 20 A el factor P es 0,4.
La distancia de separación mínima S x P será: D = S x P = 50 mm x 0,4 = **20 mm**

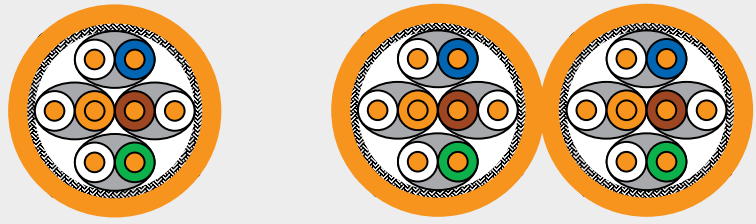
Si hubiéramos elegido la versión SS (Superscreened) del cable S/FTP UC900 en lugar de HS (High screened) anterior para nuestro tendido de comunicaciones vemos que la ficha técnica nos refleja un valor de atenuación de acoplamiento de 85 dB (ver ficha). Esto nos llevaría a la mejor clasificación de separación (d) y nos permitiría reducir las distancias.

S = 10 mm
P = 0,4

D = 10 mm x 0,4 =
4 mm

UC900 SS23 Cat.7

S/FTP



Electrical properties

at 20°C± 5 °C

Loop resistance		≤ 150 Ω/km
Resistance unbalance		≤ 2%
Insulation resistance	(500)	≤ 5000 MΩ*km
Mutual capacitance	at 800 Hz	Nom. 43 nF/km
Capacitance unbalance	(pair/ground)	≤ 1500 pF/km
Characteristic impedance	(1-100) MHz	(100 ± 5) Ω
	(100-250) MHz	(100 ± 10) Ω
	(250-600) MHz	(100 ± 15) Ω
Nominal velocity of propagation		ca. 79∞
Propagatión delay		≤425 ns/100m
Delay skew		≤9 ns100m
Tesy voltage	(DC, 1 min) core/core and core/screen	1000 V
Transfer impedance	at 1 MHz	5 m/Ωm
	at 10 MHz	5 m/Ωm
	at 30 MHz	10 m/Ωm
	at 100 MHz	20 m/Ωm
Coupling attenuation		85 dB

2.14.30. Galga americana AWG de secciones de conductor

Las secciones de conductor normalizadas que utilizamos en España están recogidas en la norma IEC 60228 (UNE EN 60228), pero esta norma no es el único referente de uso en el mundo.

El calibre de alambre estadounidense (American Wire Gauge • AWG) está formado por una serie de diámetros cuyo área de círculo se toma como referencia para la fabricación de conductores eléctricos siendo el estándar tanto en Estados Unidos como en muchos países del continente americano.

Las normas estadounidenses ASTM B 496 y ASTM B 400 recogen las características de los conductores de cobre y aluminio respectivamente siguiendo los calibres AWG.

Al igual que ocurre con la serie de números normales de la que obtenemos las secciones de conductor de uso en nuestro país

(100 = 1; 100,1 = 1.26; 100,2 = 1,58 ≈ **1,5**;
100,3 = 1,99; 100,4 ≈ **2,5** ...),

recogidas en la norma UNE EN 60228 (IEC 60228), existe una regla matemática para el cálculo de la serie AWG siguiendo una progresión geométrica aproximada que contiene 40 calibres desde el más pequeño 0,005 pulgadas de diámetro hasta el más grande 0,46 pulgadas y cuya razón es como sigue:

$$Razón = \sqrt[39]{\frac{0,46}{0,005}} \approx 1,123$$

Es decir, pasamos de un diámetro al siguiente multiplicando (aproximadamente) por 1,123. Por ejemplo de AWG 12 (0,808 in) pasamos a AWG 11 (0,0907 in) multiplicando por la razón:

0,808 in x 1,123 ≈ 0,0907 in

Y cada diámetro se corresponderá con un área de sección de círculo cuyo valor se recoge en la siguiente tabla:

AWG	Diámetro del conductor		Sección del conductor		Sección del conductor normalizada inmediata superior según UNE-EN 60228 (IEC 60228)
	Pulgadas (in)	mm	kcmil = MCM = KCM	mm²	mm²
1000	10,000	25,40	1000	507	630
900	0,9487	24,10	900	456	500
750	0,8660	22,00	750	380	400
600	0,7746	19,57	600	304	400
500	0,7071	17,96	500	253	300
400	0,6325	16,06	400	203	240
350	0,5916	15,03	350	177,3	185
250	0,5000	12,70	250	126,7	150
0000(4/0)	0,4600	11,68	211,6	107	120
000(3/0)	0,4096	10,40	167,8	85	95
00(2/0)	0,3648	9,266	133,1	67,4	70
0(1/0)	0,3249	8,251	105,5	53,5	70
1	0,2893	7,348	83,69	42,4	50
2	0,2576	6,544	66,37	33,6	35
3	0,2294	6,827	52,63	26,7	35
4	0,2043	5,189	41,74	21,2	25
5	0,1819	4,621	33,10	16,8	25
6	0,1620	4,116	26,25	13,3	16
7	0,1443	3,665	20,72	10,5	16
8	0,1285	3,264	15,52	8,37	10
9	0,1144	2,906	13,08	6,63	10
10	0,1019	2,588	10,38	5,26	6
11	0,0907	2,305	8,23	4,17	6
12	0,0808	2,053	6,53	3,31	4
13	0,0720	1,828	5,17	2,62	4
14	0,0641	1,628	4,10	2,08	2,5
15	0,0571	1,450	3,26	1,65	2,5
16	0,0508	1,291	2,59	1,31	1,5
17	0,0453	1,15	2,05	1,04	1,5
18	0,0403	102,362	1,62	0,823	1
19	0,0359	0,9116	1,29	0,653	1
20	0,0320	0,8128	1,02	0,518	0,75
21	0,0285	0,7119	0,81	0,410	0,5
22	0,0253	0,6438	0,64	0,326	0,5
23	0,0226	0,5733	0,51	0,258	0,5
24	0,0215	0,5461	-	0,205	-
25	0,0179	0,4547	-	0,162	-
26	0,0159	0,4049	-	0,129	-
27	0,0142	0,3606	-	0,102	-
28	0,0126	0,3211	-	0,081	-
29	0,0113	0,2859	-	0,0642	-
30	0,0100	0,2546	-	0,0509	-
31	0,0089	0,2268	-	0,0404	-
32	0,0080	0,2019	-	0,0320	-
33	0,0071	0,1798	-	0,0254	-
34	0,0063	0,1601	-	0,0201	-
35	0,0056	0,1426	-	0,0160	-
36	0,0050	0,1270	-	0,0127	-

Si observamos la tabla contiene valores mayores (con fondo naranja) al correspondiente al mayor calibre comentado (Ø = 0,46" que corresponde a AWG (4/0) o 0000):

$$0{,}46 \text{ in} \times 2{,}54 \text{ cm/in} = 1{,}1684 \text{ cm} \rightarrow$$
$$S = \pi \cdot D^2/4 = \pi \times 1{,}1684^2/4 = 1{,}0722 \text{ cm}^2 = 107{,}22 \text{ mm}^2$$

107 mm² como valor de sección máxima sabemos que es pequeño para uso como conductor eléctrico de energía, por ello se optó por ampliar la serie cambiando el criterio de cálculo de los valores de referencia.

Empleando el sistema inglés de medida tenemos:

Mil: para longitudes → milésima de pulgada
Circular mil (cmil): para áreas → área del círculo de un *mil* de diámetro → $S = \pi \times 1^2/4 = 0{,}7854$ *mil*²

Multiplicando el valor anterior por 1000 tendremos el kcmil (también conocido como MCM o KCM) → 785,4 *mil*²

Si este último valor lo pasamos a mm², teniendo en cuenta que una pulgada es igual a 25,4 mm obtenemos:

1 *kcmil* = 785,4 mil² x (25,4 x 10-3 mm/*mil*)² = 0,5067 mm²

En la tabla podemos ver que el valor correspondiente al mayor calibre calculado según la progresión geométrica (0,46") equivale a 211,6 kcmil. Para completarla se han tomado valores superiores en kcmil redondeados a múltiplos de 50 dejando algunos valores sin tabular.

250 *kcmil* x 0,5067 mm²/ *kcmil* = 126,7 mm²
350 *kcmil* x 0,5067 mm²/ *kcmil* = 177,3 mm²

En la columna derecha se puede observar la sección normalizada según UNE EN 60228 (IEC 60228) inmediata superior a la sección AWG para cuando sea necesario acogerse conductores de fabricación española o de otro país que siga nuestro mismo criterio.

Por ejemplo si necesitamos conductor AWG 2 vemos que su sección es de 33,6 mm² por lo que la sección de conductor a elegir de los stocks Prysmian en España sería 35 mm². Si bien se puede fabricar bajo demanda siguiendo la galga americana AWG.

A la hora de obtener intensidades máximas admisibles para cables según AWG decir que, a falta de otras indicaciones y por si era necesario, la norma UNE 20460-5-523 en su anexo B recogía la fórmula de cálculo de las intensidades admisibles para secciones de conductor indicando que la expresión genera curvas **continuas**, lo que nos facilitaría la obtención de los valores conociendo la sección del conductor en mm², el sistema de instalación, la naturaleza del conductor (cobre o aluminio) y el comportamiento térmico de su aislamiento (termoplástico (tipo PVC) o termoestable (tipo XLPE)).

La versión actual de la norma de intensidades admisibles (UNE-HD 60364-5-52) no contiene ya dicho anexo que curiosamente si que figura en su versión matriz, la internacional IEC 60364-5-52 en su anexo D.

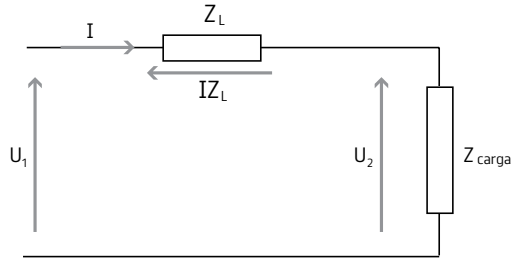
2.14.31. Cálculo de la caída de tensión en una línea con fasores

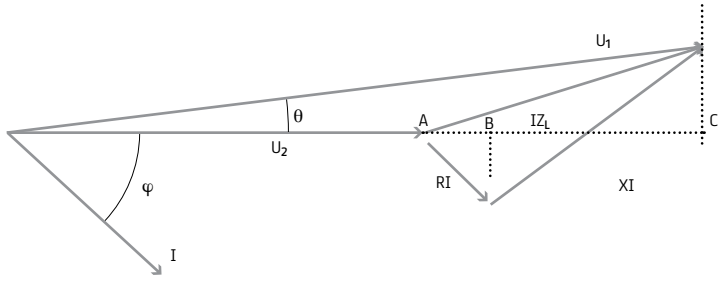
Es lógico recurrir a simplificaciones para trabajar con módulos de valores eficaces cuando se realizan cálculos en corriente alterna. Esta vez vamos a considerar las partes reales e imaginarias de las diferentes magnitudes que entran en juego en un cálculo sencillo de caída de tensión en una línea eléctrica.

Procedemos a obtener la caída de tensión en una línea de BT empleando fasores que nos ayudarán a obtener un valor más exacto y a comprender con una representación visual los valores calculados.

- Circuito trifásico formado por conductores de fase unipolares AFUMEX CLASS 1000 V (AS) de 1x25
- Tensión de línea: U = 400 V
- Longitud de la línea: L = 113 m
- Receptor: P = 50 kW
- $\cos\varphi = 0{,}85$

Cable AFUMEX Class 1000 V (AS) **Classe CPR** C_{ca}**-s1b,d1,a1.**





La impedancia de la línea tendrá la siguiente expresión.

$$\vec{Z}_L = R + X\,j$$

Para calcular R empleamos el valor de resistencia del cable de cobre de 25 mm² a la máxima temperatura 90 °C, ver apartado 2.14.13.

$$R = 0{,}995\ \Omega/km \times 0{,}113\ km = 0{,}112\ \Omega$$

Recordamos ahora que la norma UNE-HD 60364-5-52 así como la francesa UTE C 15-105 refleja que el valor de 0,08 Ω/km se puede aceptar como reactancia de conductores para cables de BT independientemente de la naturaleza, sección y sistema de instalación.

$$X = 0{,}08\ \Omega/km \times 0{,}113\ km = 0{,}009\ \Omega$$

$$\vec{Z} = 0{,}112 + 0{,}009j\ \Omega$$

$$I = P/(\sqrt{3} \times U \times \cos\phi) = 50000/(\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}85) = 84{,}904\ A$$

Teniendo en cuenta que retrasa el ángulo ϕ a U2 que está en el origen de fases (ver diagrama fasorial), tenemos:

$$\vec{I} = 72{,}169 - 44{,}726j\ A$$

Es importante recordar trabajamos con valores de tensión de fase dado que el ángulo φ es el formado por el fasor intensidad y el fasor tensión de fase (los valores de tensión de línea adelantan a los de fase en 30°).

Tomaremos, por tanto, como valor de tensión en la carga $400/\sqrt{3}$ V (en el orígen de fases → argumento 0°) y calculando podemos obtener el valor de alimentación que será similar dado que la caída de tensión se entiende menor al 5 %.

$$\vec{U}_2 = 400/\sqrt{3}\ V$$

Observando el circuito podemos deducir lo siguiente:

$$\vec{U}_1 = \vec{U}_2 + \vec{I}\cdot\vec{Z}_L =$$
$$400/\sqrt{3} + (72{,}169 - 44{,}726j) \times (0{,}112 + 0{,}009j) =$$
$$239{,}459 - 4{,}376j\ V$$

El argumento de $\vec{U}_1$ es -1,047° ($\vec{U}_1$ queda en nuestro cálculo ligeramente bajo el eje real, ver diagrama a continuación). Lo que demuestra que el ángulo θ es muy pequeño, suposición inicial cuando se realiza el desarrollo de las fórmulas para el cálculo de la caída de tensión en las líneas. Y en consecuencia refuerza la hipótesis de que $\vec{I}\cdot\vec{Z}_L$ es aproximadamente igual al segmento AC.

La caída de tensión en la línea será:

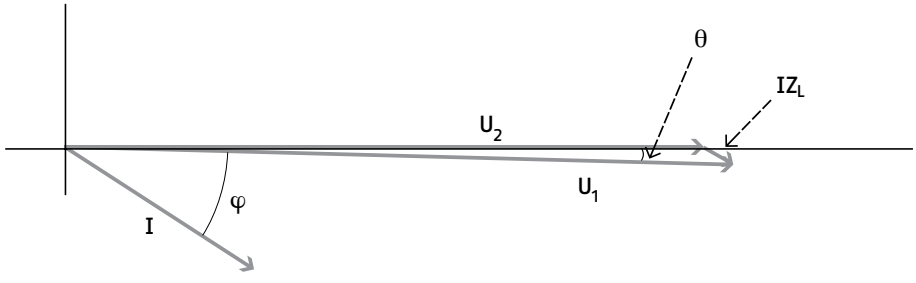
$$\Delta\vec{U} = \vec{U}_1 - \vec{U}_2 = 239{,}459 - 4{,}376j - 400/\sqrt{3} = 8{,}519 - 4{,}376j\ V$$

$$\Delta U = \sqrt{(8{,}519^2 + 4{,}376^2)} = 9{,}577\ V$$

Lo obtenemos porcentualmente:

$$\vec{U}_1 = 239{,}459 - 4{,}376j\ V \rightarrow \vec{U}_1 = 239{,}5L\ -1{,}047°$$

$$\Delta U\ (\%) = 9{,}577/239{,}5 \times 100 = 4\ \%$$



2.14.32. Conductores aislados y cables con cubierta

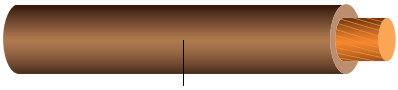
La definición número 36 de la ITC-BT 01 del REBT dice que conductor aislado es un conjunto que incluye el conductor, su aislamiento y sus eventuales pantallas.

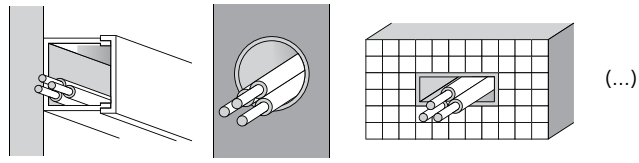
A efectos prácticos digamos que en general se trata de cables que se componen de conductor y aislamiento. Recurrimos de nuevo a la ITC-BT 01 para definir oficialmente estos componentes:

• *Conductor de un cable: parte de un cable que tiene la función específica de conducir corriente.*

• *Aislamiento de un cable: conjunto de materiales aislantes que forman parte de un cable y cuya función específica es soportar la tensión.*

Los conductores aislados no están dotados de una cubierta que les proporcione protección mecánica ya que el aislamiento sólo tiene la función eléctrica de soportar la tensión, y por ello, han de ser instalados bajo tubo o conducto de sección no circular (ver tabla 1 de ITC-BT 20)*. Si se tratara de canal protectora, dado que estas pueden ser perforadas la canal ha de ser grado de protección mínimo IP4X o IP XXD.





(...)

Los conductores aislados Prysmian son los siguientes (el resto son cables con cubierta):

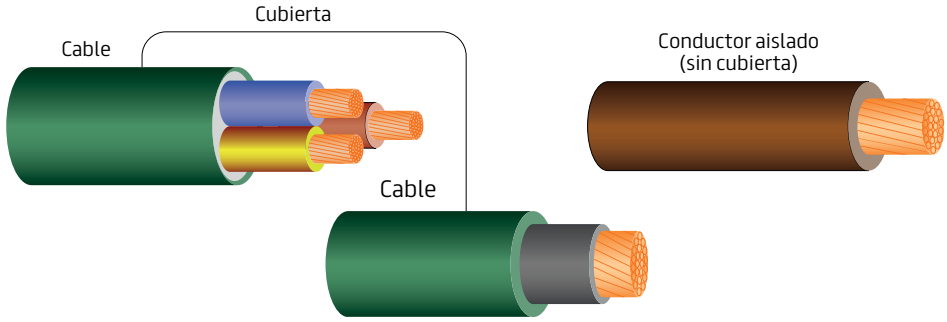
AFUMEX CLASS 750 V (AS)	H07Z1-K TYPE 2 (AS) /
AFUMEX CLASS 500 V (AS)	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS HAZ (AS)	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS)	H07Z1-R (AS)
AFUMEX PANELES Flex	H07Z-K
WIREPOL CPRO Flex	H07V-K
WIREPOL CPRO Rígido	H07V-U / H07V-R

El punto 16 de la ITC-BT 01 del REBT nos define cable como: Conjunto constituido por:

• *Uno o varios conductores aislados.*
• *Su eventual revestimiento individual.*
• *La eventual protección del conjunto.*
• *El o los eventuales revestimientos de protección que se dispongan.*

Puede tener, además, uno o varios conductores no aislados.

Resumiendo, cuando técnicamente se alude a cables se refiere a conjuntos que al menos tienen conductor/es, su/s aislamiento/s y su cubierta.



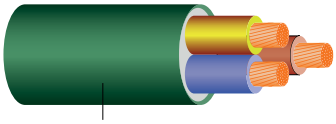
* También pueden instalarse como conductores desnudos porque el conductor aislado siempre es más seguro que el conductor desnudo.

Como ya hemos avanzado anteriormente, la cubierta dota a los cables de protección mecánica y esto amplía el abanico de sistemas de instalación técnicamente posibles para ese cable , siempre que sea además aceptado por la ITC-BT concreta del REBT que le aplique (p.e. un cable con cubierta

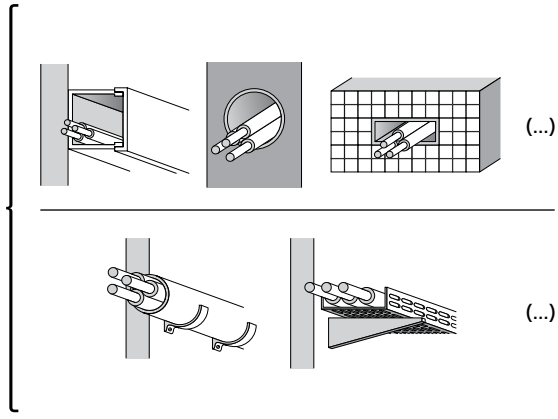
...

puede ser instalado en bandeja pero las bandejas no están permitidas en viviendas por el REBT). Puede así ser instalado en soportes que no supongan una protección mecánica total del cable como puede ser bandeja o abrazaderas.

RZ1-K (AS)
RV-K
RZ1MZ1-K (AS)
RC4Z1-K (AS)



Cubierta (función mecánica)



2.14.33. Cálculo de sección de cables resistentes al fuego (AS+)

En los incendios sabemos que la temperatura ambiente del emplazamiento sube notablemente, lo que afectará a todos los cables. Y no digamos si el fuego afecta directamente a la línea. Es de interés esta subida de temperatura para los cables que deben funcionar también durante el incendio como son los cables resistentes al fuego tipo Afumex Class Firs (AS+), diseñados para prestar servicio en las condiciones de un incendio.

Se está empezando a considerar, y posiblemente sea obligatorio en un futuro no muy lejano, calcular estos cables resistentes al fuego tomando la sección normalizada inmediata superior a la que se obtiene con el cálculo convencional según los criterios de intensidad admisible, caída de tensión y cortocircuito. Es algo claramente razonable que recomendamos se tenga en consideración pues sabemos que el aumento de temperatura afecta a la intensidad admisible de los cables rebajándola, a la caída de tensión aumentándola pues se incrementa la resistividad eléctrica y posiblemente al cortocircuito aunque no debe producirse en una línea resistente al fuego a causa del incendio mientras no se superen 842 °C durante 2 horas.

2.14.34. Clases de reacción al fuego exigidas por las reglamentaciones

Como sabemos por aplicación del Reglamento de Productos de Construcción los cables afectados (casi todos) deben tener una clase de reacción al fuego asignada.

Asimismo los diferentes reglamentos deben aludir a las clases mínimas a aplicar cada vez que se exija un grado mínimo de reacción al fuego del cable.

En el momento de publicación del presente catálogo, las clases mínimas exigidas por las reglamentaciones son las siguientes:

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, RD 842/2002 (y nota del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del 3-4-17):

Clase mínima Cca-s1b,d1,a1:

- ITC-BT 14: líneas generales de alimentación
- ITC-BT 15: derivaciones individuales
- ITC-BT 16: centralizaciones de contadores
- ITC-BT 28: locales de pública concurrencia
- ITC-BT 29: locales con riesgo de incendio o explosión

Clase mínima Eca:

- ITC-BT 20: cables instalados en huecos de la construcción

NOTA: esta clase es la mínima que suele fabricarse en general para interiores de edificios al menos.

Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales, RD 2267/2004 (y nota del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del 3-4-17):

Clase mínima Cca-s1b,d1,a1:

- Cables en el interior de falsos techos o suelos elevados (afecta a todo tipo de cables, energía, comunicaciones, control... dado que el texto del RD no cita más que la palabra cables).

Decreto 17/2019 de la Comunidad Autónoma de Madrid:

Clase mínima Cca-s1b,d1,a1:

- Edificios de viviendas en todas sus dependencias
- Locales con presencia de público (con independencia del aforo)

Orden ECE/983/2019 (cables de comunicaciones):

Clase mínima Dca-s2,d2,a2*:

- Cables ICT y en edificios, fincas y conjuntos inmobiliarios de propiedad horizontal

*Si los cables comparten canalización o están en contacto con otros cables de clase superior deberán igualar la clase al menos.

Reglamento de Líneas de Alta Tensión, RD 223/2008 (cables de alta tensión):

- No establece clase mínima en ningún caso. Si bien, las compañías eléctricas tienen normalizadas las clases F_{ca}, Eca y C_{ca}-s1b,d2,a1 para diferentes tipos de instalación.

Reglamento 1303/2014 de la Comisión Europea:

Clase mínima B2ca-s1a,d1,a1:

- Túneles ferroviarios de más de un kilómetro.

2.14.35. Capacidad de los tubos y conductos circulares para canalizaciones de BT. Ejemplos de cálculo

La ITC-BT 21 del REBT establece el número máximo de conductores que se pueden alojar en tubos por medio de tablas y de criterios generales. Explicamos en este punto la aplicación práctica de este contenido.

En ocasiones se insertan varios circuitos en un tubo o conducto de sección circular y surge la duda de la capacidad legal máxima y también la posibilidad técnica razonable de alojamiento de los circuitos. Si bien con carácter general sabemos que los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados, como nos indica hasta 4 veces la ITC-BT 21, parece lógico que se estableciera alguna regla o tabla que nos permita calcular la capacidad de los tubos dentro de este criterio.

Y efectivamente disponemos de tablas para diferentes casos de instalación de cables bajo tubo. Las tablas 2, 5 y 9 de la ITC-BT 21 nos facilitan los diámetros exteriores mínimos de los tubos a emplear cuando van fijados en superficie, empotrados o enterrados respectivamente. Pero en ocasiones se supera el número y/o sección de los conductores que contienen las tablas o se emplean conductores de secciones diferentes y para tal caso nos facilita una relación mínima entre la sección del tubo y la sección transversal ocupada por los conductores. Siendo tales valores:

Tubos en canalizaciones fijas en superficie: 2,5 (hasta 5 conductores ver tabla 2 de la ITC-BT 21)

Tubos en canalizaciones empotradas: 3 (hasta 5 conductores ver tabla 5 de la ITC-BT 21)

Tubos enterrados: 4 (hasta 10 conductores ver tabla 9 de la ITC-BT 21)

Si llamamos f a esta relación entre la sección interior del tubo y la ocupada por los cables y D al diámetro interior de tubo a emplear tendremos que con carácter general:

$$S_{int_tub} = \pi \cdot D^2/4 \geq f \cdot (n_1 \cdot \pi \cdot d1^2/4 + n_2 \cdot \pi \cdot d2^2/4 + \ldots + n_n \cdot \pi \cdot d_n^{\,2}/4)$$

Siendo:

D: diámetro interior del tubo
f: coeficiente según sistema de instalación del tubo (2,5 superficial, 3 empotrado, 4 enterrado)
n_i: número de conductores de sección i*
d_i: diámetro del cable de sección i

*Cuando hablamos de número de conductores de sección i puede tratarse de conductores unipolares o cables multipolares y así la sección i puede ser de cable 1x50 o 4x35 por ejemplo.

La fórmula se simplifica multiplicando ambos términos por 4 y dividiéndolos por π.

$$D^2 \geq f \cdot (n_1 \cdot d1^2 + n_2 \cdot d_2^{\,2} + \ldots + n_n \cdot d_n^{\,2})$$

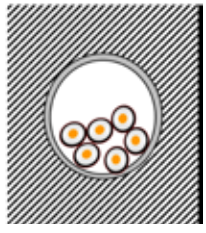
Y extrayendo la raíz cuadrada en ambos términos y generalizando:

$$D \geq \sqrt{f \cdot \sum_{i=1}^{n} (n_i \cdot d_i^2)}$$

Si queremos obtener el diámetro mínimo exterior simplemente debemos sumar el doble del espesor del tubo al segundo término de la inecuación.

Ejemplo 1

Cálculo del tubo corrugado necesario para la instalación de 2 circuitos monofásicos con conductor de protección utilizando cable **Afumex Class 750 V (AS)** de 1x2,5 mm². La canalización irá empotrada.



Cable Afumex Class 750 V (AS). Clase de reacción al fuego CPR C_{ca}-s1b,d1,a1

Se trata del alojamiento de 6 conductores aislados y por tanto fuera de la tabla 5 de la ITC-BT 21 que sólo nos ofrece diámetros exteriores de tubo hasta 5 conductores.

Por tanto, aplicamos la fórmula que hemos desarrollado con f = 3 (canalización empotrada).

Obtenemos el diámetro exterior del **Afumex Class 750 V (AS)** de 1x2,5 consultado sus datos técnicos en este catálogo → 4,1 mm.

$$D \geq \sqrt{f \cdot \sum_{i=1}^{n}(n_i \cdot d_i^2)} = \sqrt{3 \times (6 \times 4{,}1^2)} = \sqrt{302{,}58} = 17{,}39 \text{ mm}$$

Observando la tabla vemos que el tubo normalizado a emplear será de diámetro exterior mínimo 32 mm

Diámetro interior (mm)	10,5	14	17	23	30	40
Diámetro exterior (mm)	16	20	25	32	40	50

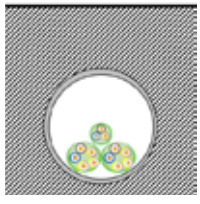
Recordamos que el coeficiente de corrección por agrupamiento que se ha debido de tener en cuenta para el cálculo de la sección de los conductores ha de ser el que corresponde a la fila 1 de la tabla C.52.3 de la UNE-HD 60364-5-52. En este caso al tratarse de 2 circuitos vemos que el coeficiente de corrección es 0,8.

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,0	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
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	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Ejemplo 2

Cálculo del tubo necesario para instalación enterrada de 2 cables de 5G16 y un cable de 3G6 tipo **Afumex Class 1000 V (AS)**.

Cable Afumex Class 750 V (AS). Clase de reacción al fuego CPR C_{ca}-s1b,d1,a1



La tabla 9 de la ITC-BT 21 del REBT recoge diámetros de tubos hasta 10 conductores pero el apartado 1.2.4. nos dice que para conductores o cables de secciones diferentes la sección interior del tubo será como mínimo igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores. O lo que es igual, utilizar la fórmula desarrollada en este artículo con f = 4.

Obtenemos los diámetros exteriores de este catálogo:

$$Ø_{5G16} = 22{,}2 \text{ mm}$$
$$Ø_{3G6} = 13{,}6 \text{ mm}$$

$$D \geq \sqrt{f \cdot \sum_{i=1}^{n}(n_i \cdot d_i^2)} = \sqrt{4 \times (2 \times 22{,}2^2 + 1 \times 13{,}6^2)} =$$

$$\sqrt{4681{,}12} = 68{,}41 \text{ mm}$$

En este caso el tubo normalizado mínimo a emplear será de 90 mm de diámetro exterior.

Diámetro interior mínimo (mm)	30	37	47	58,5	74	90	102
Diámetro exterior (mm)	40	50	63	75	90	110	125

Para el cálculo de las secciones de los conductores previamente se ha debido de tener en cuenta el coeficiente de corrección por agrupamiento de 3 circuitos (0,70) que igualmente se puede tomar de la primera fila de la tabla C.52.3 de la UNE-HD 60364-5-52 reproducida anteriormente ya que como vemos a la derecha abarca todas las instalaciones tipo (de la A a la F). La instalación de cables bajo tubo enterrado se corresponde con el sistema tipo D1.

Si bien por su interés recordamos que la norma francesa NF C 15-100 recoge en su tabla 52T coeficientes de corrección específicos para cables enterrados bajo tubo que además son más restrictivos que los de la tabla C.52.3. Por su interés se reproduce a continuación:

Número de circuitos o de cables multiconductores											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

NOTA: tomamos el coeficiente de corrección por agrupamiento de 3 circuitos dado que aunque se trata de secciones distintas en el agrupamiento el apartado B.52.5 de la UNE-HD 60364-5-52 se refleja que se pueden considerar diferentes tamaños a efectos de los factores de reducción a grupos que contengan cables de secciones normalizadas de más de tres tamaños adyacentes. Es decir, como para pasar de 6 mm² a 16 mm² sólo damos 2 saltos de sección se pueden considerar por igual en el grupo a efectos del coeficiente de corrección por agrupamiento.

Igualmente recordamos que el REBT recoge posibilidades de varios circuitos por tubo en canalizaciones enterradas lo que se desprende de la posibilidad de instalar 10 o más conductores en el mismo tubo, algo que también es técnicamente posible. Si bien y para evitar problemas no hay que olvidar que la ITC-BT 07, a la que nos remite la ITC-BT 20 para instalaciones enterradas (pto. 2.2.3.), dice expresamente en el punto 2.1.2.: *No se instalará más de un circuito por tubo.*

El criterio del NEC (USA)

El National Electrical Code (NEC) es la reglamentación eléctrica estadounidense. En la tabla 1 del capítulo 9 encontramos el criterio que emplean para calcular la capacidad de los tubos y conductos de sección circular. Por sus particularidades merece la pena ser comentado, sin olvidar que el criterio a seguir en nuestro país ha de ser el explicado anteriormente.

La citada tabla establece el porcentaje máximo de llenado del tubo o conducto en función del número de cables (sean unipolares o multipolares) y no del sistema de instalación como se hace en España.

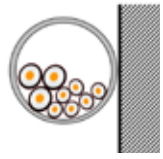
Número de conductores	1	2	3 o más
Porcentaje máx. de llenado (%)	53	31	40

Estos porcentajes asumen no más de dos curvas de 90° entre puntos de tiro (en España el RETB establece un máximo de 3 curvas, ITC-BT 20 pto. 2.1. 6° párrafo). Aplicando una reducción del 15 % del área total del tubo por cada singularidad de 90 ° extra, o lo que sería igual, incrementar un 17, 6 % el área del tubo por cada ángulo recto del trazado extra.

Ejemplo de cálculo según el NEC

Canalización superficial bajo tubo con cables Afumex Class 750 V (AS). 2 circuitos monofásicos de 1,5 mm² con conductor de protección y uno también monofásico de 6 mm² con conductor de protección.

El trazado tiene 3 ángulos de 90°.



$Ø_{1,5}$ = 3,4 mm
$Ø_{6}$ = 5,3 mm

La sección ocupada por los conductores será:

$$Ac = \pi \times (6 \times (3,4/2)^2 + 3 \times (5,3/2)^2) = 120,66 \text{ mm}^2$$

Al ser más de 2 conductores en la canalización aplicaría un coeficiente de llenado del 40 %. Pero como tenemos 3 ángulos rectos en el tendido debemos reducir la sección del tubo en un 15 %.

100 – 15 = 85 → debemos extraer el 85 % del 40 % de llenado máximo admisible →

0,85 x 40 = 34 % (coeficiente de llenado a aplicar)

120,66 / 0,34 = 354,88 mm² (área de sección interior mínima del tubo a emplear) →

$$\pi \cdot D^2/4 \geq 354,88 \rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 \times 354,88}{\pi}} = 21,25 \text{ mm}$$

$\pi \cdot D^2/4 \geq 354,88 \rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 \times 354,88}{\pi}} = 21,25$ mm

Observando la tabla de tubo adecuado para montaje superficial vemos que la solución es instalar tubo de 32 mm de diámetro exterior.

Diámetro interior (mm)	12,5	16	20	27	34,5	44
Diámetro exterior (mm)	16	20	25	32	40	50

Con el criterio del REBT que no considera las curvaturas de la canalización aunque las limita a 3, el resultado habría sido tubo de 25 mm.

$$D \geq \sqrt{f \cdot \sum_{i=1}^{n}(n_i \cdot d_i^2)} = \sqrt{2,5 \times (6 \times 3,4^2 + 3 \times 5,3^2)} = 19,6 \text{ mm}$$

Dado que el REBT es un reglamento de mínimos, como criterio técnico es bueno tener en cuenta el criterio NEC para evitar problemas con canalizaciones sinuosas a la hora del tendido de los cables. Siempre que el resultado sea tubo de igual o mayor diámetro que el criterio REBT así como que se empleen cables extradeslizantes como los Afumex Class 750 V (AS).

La publicación On Site Guide que facilita la aplicación de la norma británica BS7671 (Requisitos para instalaciones eléctricas) provee en su apéndice 5 una guía para calcular las capacidades de tubos y conductos de sección circular y canales protectoras. Sigue un criterio distinto a los 2 anteriormente explicados considerando sólo conductores aislados termoplásticos (70 °C) y diferenciando 2 casos posibles: tendidos rectos de hasta 3 m y tendidos rectos de más de 3 m o con curvas. Para el resto de posibilidades necesarias dirige al fabricante.

2.14.36. Situación actual del REBT y renovación inminente

El actual Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) está en vías de ser renovado, si bien dicha renovación está prevista sea realizada en varios bloques que se irán aprobando tras superar todos los trámites legales. Entre otras novedades de importancia cabe resaltar la incorporación de la nueva ITC BT-53 sobre sistemas de corriente continua con especial dedicación a sistemas fotovoltaicos. Llegados a este punto recordamos que el REBT original (RD 842/2002) ha venido siendo objeto de modificaciones en diferentes textos legales que recordamos a continuación con objeto de adaptarse a nuevas leyes o recoger modificaciones o ampliaciones:

• RD 560/2010
(adaptación a la ley Omnibús).

• RD 1053/2014
(nueva ITC-BT 52 sobre recarga del vehículo eléctrico y modificación de las ITC-BTs 02, 04, 05, 10, 16 y 25).

• RD 244/2019
(autoconsumo).

• Resolución del Mº de Industria de 9-1-20
(renovación de la ITC-BT 02 sobre normas de referencia).

• RD 542/2020
(modificación del artículo 14, la ITC-BTs 04 y 52).

• RD 298/2021
(modificación del artículo 2 y la ITC-BT 03).

El texto del REBT consolidado tras estas modificaciones está disponible en el siguiente enlace: https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-18099-consolidado.pdf

En nuestro Prysmian Club (www.prysmianclub.es)pueden encontrar diversos artículos comentado las novedades que afectan a los cables en los borradores de las futuras ITC BTs. En el siguiente enlace pueden encontrar el borrador de las nuevas ITC BTs sometidas a información pública en el momento de publicación de este catálogo: https://industria.gob.es/es-es/participacion_publica/paginas/detalleparticipacionpublica.aspx?k=546

A todo lo anterior hay que añadirle la afectación del Reglamento de Productos de Construcción (CPR) (Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo) a los cables eléctricos que se hizo constar en Nota aclaratoria del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad el 3-4-17: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/2002/29-rpc-reaccion-fuego-rebt-3abril2017.pdf

Prysmian
Group

2.15. Ensayos de fuego

El Reglamento de Productos de Construcción (Reglamento 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo) estableció las nuevas reglas para ensayar los productos de construcción en general afectando a los cables en particular. Nuevos ensayos, ensayos existentes que se ha vuelto más rigurosos y un código que engloba los ensayos y facilita a los usuarios el nivel de reacción al fuego de cada cable así como simplifica la prescripción de reacción al fuego determinada en cada normativa. Reproducimos de nuevo la tabla que relaciona las clases de reacción al fuego y los ensayos que se corresponden con cada clase además de los ensayos adicionales cuando son de aplicación. Para más información sobre el Reglamento de Productos de Construcción (CPR) ver apartado concreto al inicio de este catálogo.

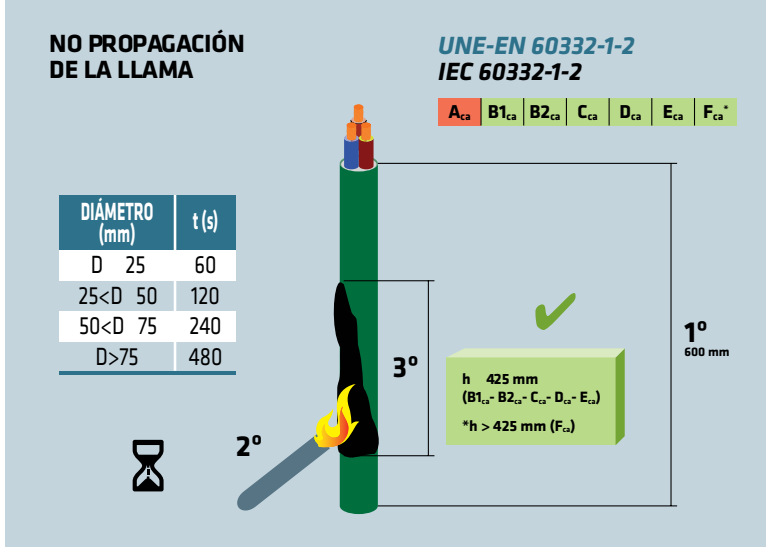
	Ensayos						
	Clasificatorios				Adicionales		
	Generación calor combustión	Propagación llama	Propagación incendio	Generación calor	Humos	Gotas/ partículas	Acidez
Clase	UNE-EN ISO 1716	UNE-EN 60332-1-2	UNE-EN 50399	UNE-EN 50399	UNE-EN 50399 UNE-EN 61034-2	UNE-EN 50399	UNE-EN 60754-2
A_{ca}							
$B1_{ca}$					s1 s1a s1b s2 s3	d0 d1 d2	a1 a2 a3
$B2_{ca}$							
C_{ca}							
D_{ca}							
E_{ca}							
F_{ca}							

2.15.1. No propagación de la llama

El ensayo de no propagación de la llama (UNE-EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2) consiste en comprobar la ignifugación de una muestra única de cable en posición vertical. En función del diámetro exterior del cable se aplica la llama entre 1 y 8 minutos. El ensayo se considera superado si el cable no es afectado por el fuego en una longitud superior a 42,5 cm. Actualmente el ensayo controla tanto la propagación vertical hacia arriba como hacia abajo y se ha acotado la longitud máxima afectada en 5 cm respecto a la versión anterior de la norma.

La norma UNE-EN 50399 agrupa la realización de 4 medidas durante el mismo ensayo. Tales pruebas se realizan sobre agrupaciones concretas de cables según su material combustible, disponiendo longitudes de 3,5 m en posición vertical y sometiéndolas a una potencia de llama determinada (20,5 kW salvo para clase B1ca que será de 30 kW) durante 20 minutos y con ello se medirán parámetros de propagación, energía liberada, humos emanados y desprendimiento de partículas incandescentes.

Los valores establecidos para los parámetros a medir según cada clase de reacción al fuego seencuentran recogidos en el R.D. 842/2013 (cuadro 1.1-4).



NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO

BAJA EMISIÓN DE CALOR

2.15.2. No propagación del incendio (UNE-EN 50399)

El ensayo de no propagación del incendio trata de medir el avance de las llamas cuando los cables van agrupados ya que es así como suelen disponerse en las canalizaciones y no de forma aislada como en el ensayo anterior.

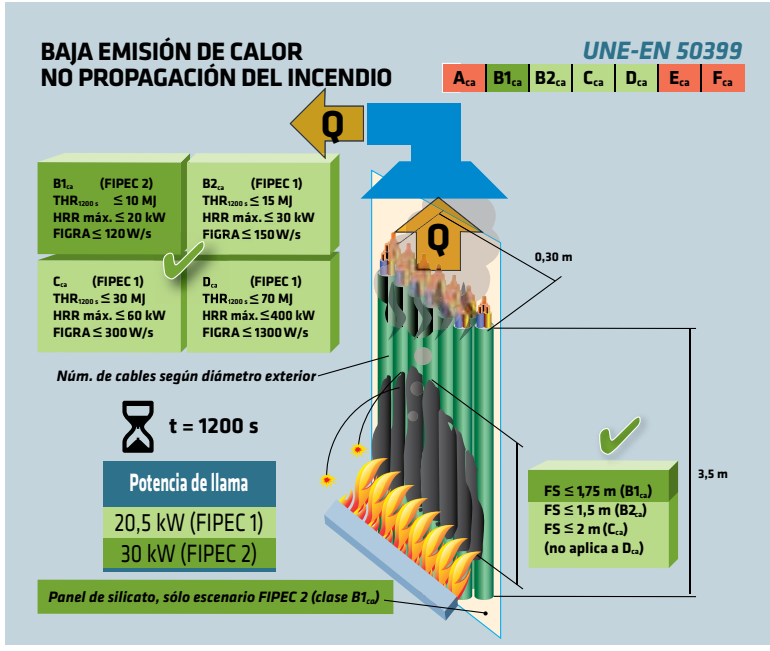
En función de la clase de reacción al fuego CPR se limita tal propagación entre 1,5 y 2 m (*ver dibujo*).
La clase C_{ca}-s1b,d1,a1 de referencia para los Afumex Class (AS) limita a 2 m el avance vertical de las llamas. Antes de la entrada en vigor del CPR era de 2,5 m y el caudal de aire era muy inferior. Por lo que es fácil entender que se ha mayorado el nivel de seguridad con los diseños actuales.

2.15.3. Baja emisión de calor (UNE-EN 50399)

Una de las novedades surgidas con el CPR es someter a los cables a la medición de la energía liberada durante su combustión, estableciendo límites según la euroclase de aplicación (ver dibujo).

En el ensayo se miden 3 parámetros:

- **THR:** desprendimiento total de calor (Total Heat Released).
- **HRR máx.:** máxima velocidad de desprendimiento de calor (Heat Released Rate).
- **FIGRA:** índice de propagación del fuego (FIre Growth RAte).



BAJA EMISIÓN DE HUMOS

REDUCIDO DESPRENDIMIENTO DE GOTAS / PARTÍCULAS INFLAMADAS

2.15.4. Baja emisión de humos (s) (UNE-EN 50399)

La medición de la opacidad de humos venía siendo habitual para los cables de alta seguridad (AS) pero no su cantidad y velocidad de propagación.

Se trata de un ensayo adicional de aplicación establecen 3 categorías para la medición del humo:

- **s1:** escasa producción y lenta propagación de humo. TSP1200 ≤ 50 m² y SPR máx. 0,25 m²/s.
- **s2:** valores intermedios de producción y propagación de humo: TSP1200 ≤ 400 m² y SPR máx. = 1,5 m²/s.
- **s3:** ni s1, ni s2.

Siendo:

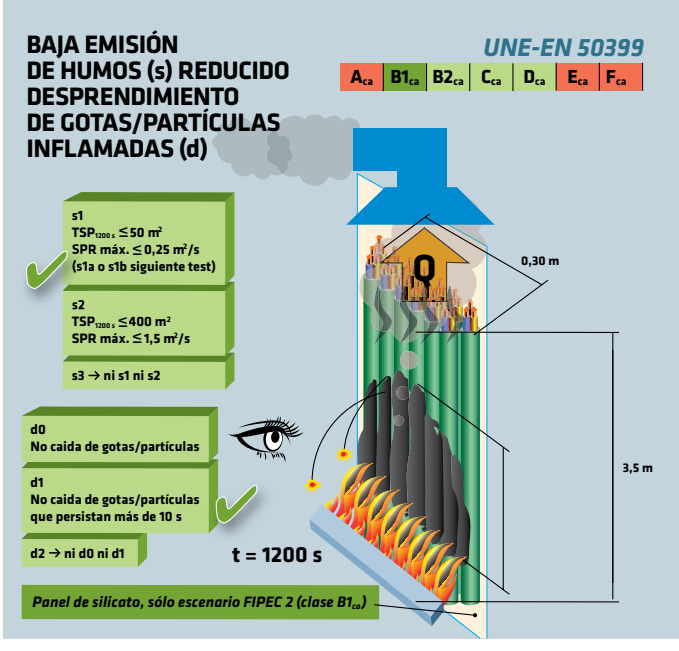
- **TSP_{1200}:** producción total de humo (Total Smoke Production) durante los 20 min (1200 s) que dura el ensayo.
- **SPR máx.:** máxima velocidad de producción de humo (Smoke Production Rate).

2.15.5. Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas (d) (UNE-EN 50399)

Controlar que no se originen nuevos focos de incendio como consecuencia del desprendimiento de partículas inflamadas es sin duda una interesante mejora de la seguridad.

Para ello durante el ensayo se vigila si el cable desprende material incandescente estableciendo 3 categorías:

- **d0:** sin caída de gotas y partículas inflamadas durante los 1200 s que dura el ensayo.
- **d1:** las gotas o partículas inflamadas des- prendidas se extinguen en menos de 10 s.
- **d2:** ni d0, ni d1.



LIBRE DE HALÓGENOS

BAJA EMISIÓN DE GASES TÓXICOS

BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS

2.15.6. Libre de halógenos, baja emisión de gases corrosivos y reducida emisión de gases tóxicos (a)

Con estos dos test similares se demuestra que el cable ensayado es libre de halógenos (no emite HCl ni otros compuestos halogenados en su combustión) y los gases emitidos son de baja corrosividad con objeto de proteger a las personas y los bienes en caso de incendio.

Los ensayos se realizan quemando muestras muy troceadas de material combustible del cable en un horno con temperaturas entre 800 y 900 grados y analizando los gases emitidos con frascos lavadores.

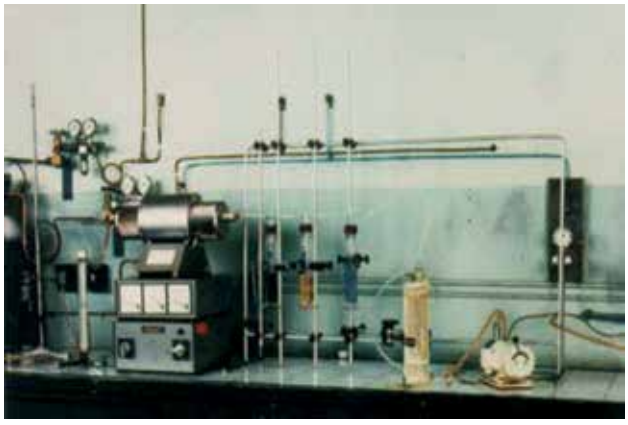
Los ensayos de las normas UNE-EN 60754-1 (IEC 60754-1) y UNE-EN 60754-2 (IEC 60754-2) nos confirman que el cable es libre de halógenos y sus productos de combustión son de baja corrosividad.

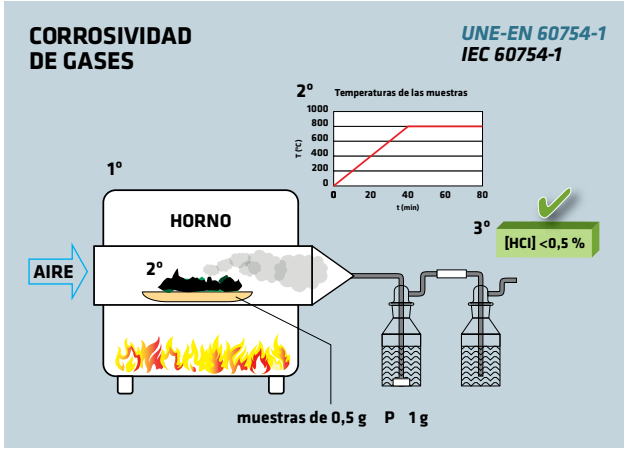
Existen 3 categorías para valorar la acidez de los gases de acuerdo con el CPR:

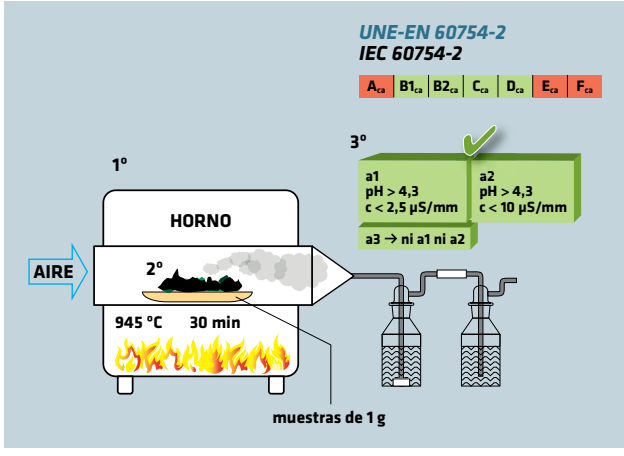
- **a1:** baja acidez: conductividad de los gases emanados < 2,5 µS/mm y pH > 4,3.
- **a2:** valor intermedio de acidez: conductividad de los gases emanados < 10 µS/mm y pH > 4,3.
- **a3:** ni a1, ni a2.

Es una medida indirecta de la ausencia de halógenos. Los cables tipo Afumex Class (AS) cumplen con la mayor exigencia (a1) lo que supone una mejora respecto a diseños AFUMEX (AS) anteriores (a2).

Con las prescripciones de la norma UNE-EN 60754-1 detectamos además una concentración inferior al 0,5 % de HCl.







2.15.7. Baja opacidad de humos

La opacidad de los humos producidos en los incendios es un importante factor a tener en cuenta, cuando los ocupantes de un emplazamiento afectado por el fuego, deben evacuarlo en los primeros instantes, incluso cuando algunos minutos más tarde los equipos de extinción y rescate han de actuar en el local siniestrado.

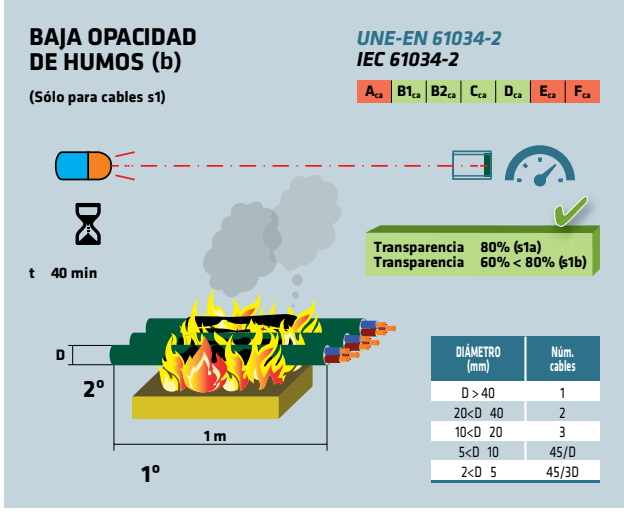
Para el ensayo de baja opacidad de humos (UNE-EN 61034-2 e IEC 61034-2) se utiliza una cabina de 3 x 3 x 3 m^3 en la que se queman muestras de 1 m de cable. El número de muestras depende del diámetro exterior (ver dibujo). Se considera el ensayo finalizado cuando no haya decremento en la transmitancia de luz durante cinco minutos, después de que la fuente de fuego se haya extinguido o cuando la duración del ensayo alcance los 40 minutos.

Este ensayo sólo es de aplicación a los cables que han superado las exigencias de humo generado s1 (como son los Afumex Class (AS)). Ver ensayo de baja emisión de humos.

Se establecen dos valores de trasparencia de humos (a y b):

- **s1a:** transparencia de humos superior al 80 %.
- **s1b:** transparencia de humos superior al 60 % e inferior al 80 %.

Recordamos que los cables tipo Afumex Class (AS) cumplen con la clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1.



RESISTENCIA AL FUEGO

2.15.8. Resistencia el fuego

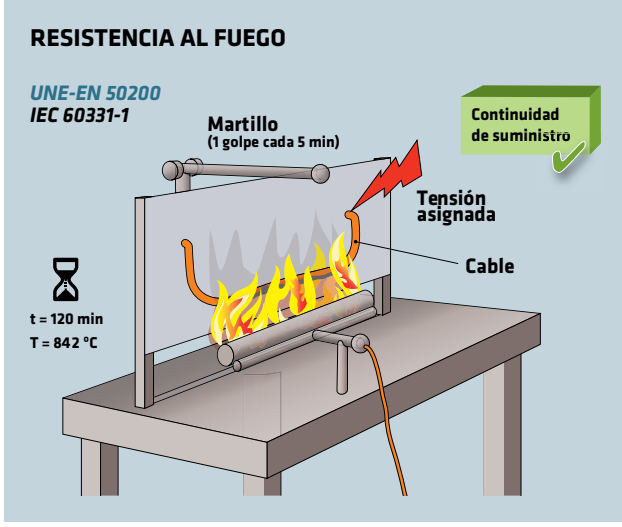
La resistencia al fuego trata de poner de manifiesto la aptitud del cable para dar servicio en condiciones extremas de un incendio. Los cables resistentes al fuego están destinados a aquellos servicios que se pretende no dejen de funcionar en un eventual siniestro con fuego (servicios de seguridad, servicios indispensables...).

El ensayo UNE-EN 50200 (IEC 60331-1) consiste en someter una muestra de cable a 842 °C durante un tiempo entre 15 y 120 minutos. El test se considera superado si no tiene lugar ni rotura de conductores ni contacto entre los mismos. Los cables Afumex Class Firs 1000 V (AS+) de Prysmian soportan el máximo tiempo prestando servicio, 120 minutos (PH120).

Para aproximar al máximo el ensayo a las condiciones reales más desfavorables, durante el ensayo el equipo que sujeta el cable es sometido a un golpe de martillo cada 5 minutos (con la vibración se desprenden las cenizas).

Como se observa en el dibujo, el cable se ensaya doblado para simular la solicitación mecánica del mismo en las curvas del tendido. Es más fácil un cortocircuito en las zonas de curvado cuando el fuego ataca la canalización.

Recordamos que la resistencia al fuego no figura en el esquema de clases explicado inicialmente. Las clases establecidas indican la reacción al fuego que es una característica esencial distinta (con norma armonizada UNE-EN 50575). La resistencia al fuego no tiene publicada de momento norma armonizada y por eso no ha variado su tipo de ensayo ni tiene sistema de clases asignado.



NOTA: Si se requiere se pueden realizar otros ensayos o variantes de los expuestos.

Prysmian
Group

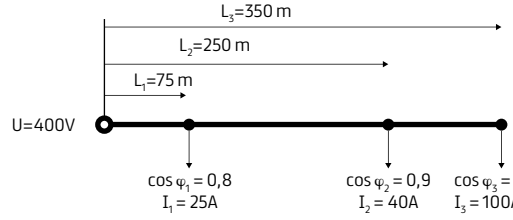
2.16. Cálculos de sección en lineas abiertas de sección uniforme

Ejemplos

A. Ejemplo 1:

Caso de receptores diferentes
(fórmulas de aplicación en apartado 2.6.)

Datos:
U: 400 V (tensión entre fases).
γ: conductividad eléctrica del cobre 45,5 m/Ω·mm² (a 90°C, temperatura máxima para cables termoestables como el RETENAX CPRO FLEX que utilizamos en este caso).
ΔU : 5% de caída de tensión máxima admisible en V.



$$S = \frac{\sqrt{3} \times (75 \times 25 \times 0{,}8 + 250 \times 40 \times 0{,}9 + 350 \times 100 \times 1)}{45{,}5 \times (20 - 1{,}732 \times 10\text{-}3 \times 0{,}08 \times (75 \times 25 \times 0{,}6 + 250 \times 40 \times 0{,}436 + 350 \times 100 \times 0))}$$

S = 90,02 →
→ S = 95 mm² (sección por el criterio de la caída de tensión).

Por el criterio de la intensidad admisible, considerando el cable de cobre unipolar RETENAX CPRO FLEX enterrado bajo tubo (→ instalación tipo D1 y XLPE3).

Suponiendo la intensidad final que sale de la fuente de alimentación como suma de intensidades de los receptores tendríamos I = 25 + 40 + 100 = 165 A. Si bien no hay que olvidar que el valor real debe obtenerse teniendo en cuenta las componentes activas y reactivas:

$$I = \sqrt{(25 \times 0{,}8 + 40 \times 0{,}9 + 100 \times 1)^2 + (25 \times 0{,}6 + \times 40 \times 0{,}436 + 100 \times 0)^2} = 159{,}33 \text{ A} \rightarrow$$
→ S = 70 mm² (*ver tabla en página 54*)

Vemos que para nuestro caso domina el criterio de la caída de tensión y por tanto y a falta de comprobar valores de cortocircuito, la sección uniforme a utilizar es de 95 mm².

NOTA: utilizar cambios de sección en la línea (línea telescópica) es factible pero es necesario tener en cuenta que no sólo hay que rehacer cálculos sino también, entre otras razones, todo cambio de sección implica protecciones adicionales.

B. Ejemplo 2:

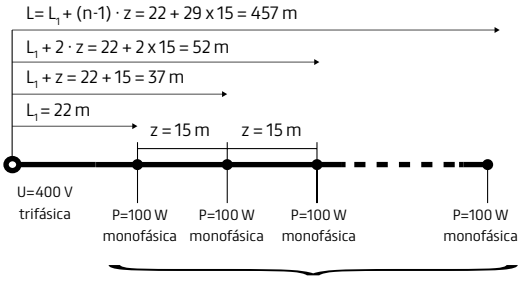
Caso de receptores iguales

Cálculo de la sección por caída de tensión de una línea trifásica de 400 V de tensión entre fases despreciando la reactancia de la línea (x = 0). La línea alimenta a 30 lámparas de vapor de sodio de 100 W dispuestas cada 15 m.

La distancia de la primera lámpara respecto al punto de alimentación es de 22 m.

El cable a utilizar será AFUMEX CLASS 750 V (AS) bajo canal protectora grapado en pared

Datos:
γ: conductividad eléctrica del cobre 48,5 m/Ω·mm² (a 70 °C, temperatura máxima para cables termoplásticos como el AFUMEX CLASS 750 V (AS))
ΔU: 3% de caída de tensión máxima admisible en V en la línea (3 % de 400 V = 12 V).

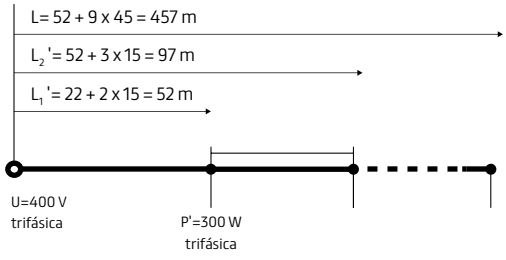


n = 30 receptores iguales de potencia P = 100 W

A la hora resolver debemos tener en cuenta que estamos tratando con receptores monofásicos en una red trifásica lo que nos lleva a considerar como si cada 3 receptores, que se entiende se han conectado ordenadamente entre cada fase y neutro, se convierten en uno trifásico colocado en el lugar del último del grupo, así a efectos de nuestro cálculo de sección tenemos 10 receptores de 300 W colocados el primero a 22 + 2 x 15 = 52 m del punto de alimentación, el segundo a 52 + 3 x 15 = 97 m... Por tanto:

P' = 300 W
L1' = 52 m
z' = 45 m

Esquema equivalente:



n = 10 receptores trifásicos iguales de P' = 300 W

Aplicamos la fórmula para redes trifásicas, teniendo en cuenta el coeficiente 1,8, en ausencia de datos más precisos del fabricante, por el que debemos multiplicar la potencia de cada receptor por ser lámparas de descarga (ITC-BT 44, pto. 3.1, 4º párrafo):

$$S = \frac{P \cdot n' \cdot \left(\frac{L+L_1}{2}\right)}{U \cdot \gamma \cdot \Delta U} = \frac{300 \text{ x } 1{,}8 \text{ x } 10 \text{ x } \left(\frac{457+52}{2}\right)}{400 \text{ x } 48{,}5 \text{ x } 12} = 8{,}66 \text{ A} \rightarrow S = 1{,}5 \text{ mm}^2$$

Por intensidad admisible, considerando un cos φ = 0,9, tendremos...

$$I = \frac{n' \cdot P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{10 \text{ x } 300 \text{ x } 1{,}8}{\sqrt{3} \text{ x } 400 \text{ x } 0{,}9} = 8{,}66 \text{ A} \rightarrow S = 1{,}5 \text{ mm}^2$$

Por ser cables unipolares **AFUMEX CLASS 750 V (AS)** en canal protectora grapada en pared nos corresponde el sistema de instalación tipo B2 y PVC3, trifásica cable termoplástico (*ver página 44*) lo que nos lleva a la sección por el criterio de la intensidad admisible de 1,5 (*ver página 54*), por lo que la sección dominante es 6 mm² que es el resultado del criterio de la caída de tensión a falta de comprobar cortocircuitos.

Prysmian Group

Prysmian
Group

2.17. Instalaciones fotovoltaicas

2.17.1. Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo

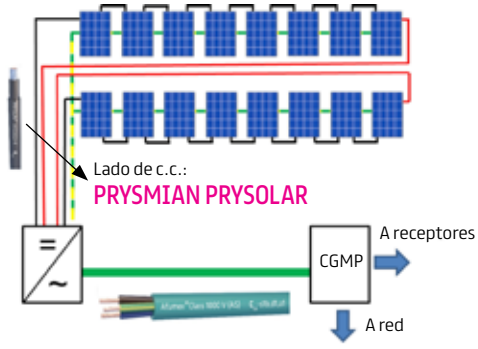
El fin del impuesto al sol (RD 900/2015) y la posterior publicación del RD 244/2019 que establece nuevas condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica sin duda han sido un nuevo horizonte para las energías renovables. Hagamos un repaso de los criterios técnicos y legales para el cálculo de líneas en sistemas fotovoltaicos.

Vamos a calcular las líneas de corriente continua y alterna de una instalación solar fotovoltaica de 5 kW para autoconsumo doméstico sin acumulación.

La instalación constará de 2 strings (cadenas fotovoltaicas) de 8 módulos fotovoltaicos cada una. Datos de los paneles utilizados:

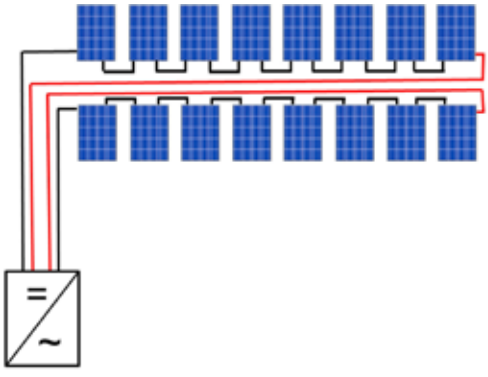
Potencia nominal de salida: 320 W
Tensión en el punto de máxima potencia (U_{MPP}): 37,0 V
Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{MPP}): 8,64 A
Intensidad de cortocircuito ($I_{SC\ STC}$): 9,18 A
Valor máximo del fusible en serie: 15 A
Tensión de circuito abierto (Voc): 42,5 V

Instalación Fotovoltaica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid.



Lado de c.a.: Afumex Class 1000 V (AS)

NOTA: recordamos de que deben aminorarse los bucles de los circuitos para abarcar el menor área posible y con ellos aminorando el efecto de la eventual caída de un rayo. A menor área, menor tensión inducida. Por lo que para nuestro caso, una forma correcta de colocar los cables debería ser como sigue:



Igualmente conviene, en la medida posible, agrupar los strings en 2 filas de módulos en este caso. La afectación por sombras será a buen seguro lo más equitativa posible en los módulos de un mismo string. Mejor solución que un sombreado menos equitativo por los paneles de cada string.

Cálculo del lado de corriente continua

Número de módulos por string: 8
Número de strings: 2
Longitud de las líneas de cada string: 30 m (longitud del cable hasta el módulo más alejado del inversor)

A. Cálculo de sección por intensidad admisible (lado cc)

Elegimos el cable de Prysmian especial para instalaciones fotovoltaicas PRYSMIAN PRYSOLAR diseñado según el estándar europeo EN 50618* y el estándar internacional IEC 62930.

*El punto 712.521.101 de la UNE-HD 60364-7-712 (Sistemas de alimentación solar fotovoltaica) recoge esta norma de diseño. El pto. 3 de la GUIA-BT 40 recomienda seguir la citada norma.

El cable PRYSMIAN PRYSOLAR de Prysmian diseñado según la norma europea de referencia EN 50618 supera ensayos medioambientales, mecánicos, químicos y de fuego. Es la solución Prysmian de calidad para el lado de corriente continua de las instalaciones fotovoltaicas.

El cable PRYSMIAN PRYSOLAR tiene doble aislamiento cumpliendo con el Código Técnico de la Edificación, DB HE, pto. 3.2.3.3, el punto 712.412.101 de la norma UNE-HD 60364-7-712 y los pliegos de condiciones técnicas del IDAE (ver puntos 5.1 en los dos documentos).

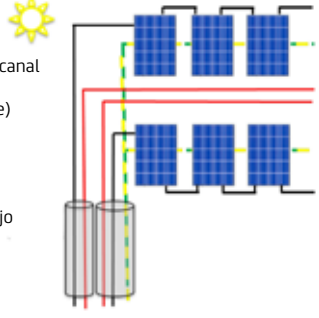
Para empezar tomamos el valor de intensidad de cortocircuito en condiciones STC para realizar el cálculo porque así obtendremos la sección por intensidad admisible en régimen permanente y por intensidad de cortocircuito en un solo cálculo.

Intensidad de cortocircuito ($I_{SC\,STC}$): 9,18 A

En el lado de corriente continua el sistema de instalación será mixto:

Primer tramo a la intemperie con canal protectora aislante (cumple ITC-BT 26, pto. 7.1. e ITC-BT 30, pto. 2.1.2.)
→ sistema tipo B1

Segundo tramo bajo tubo en montaje superficial en interior (ITC-BT 26, pto. 7.1.) → sistema tipo B1.

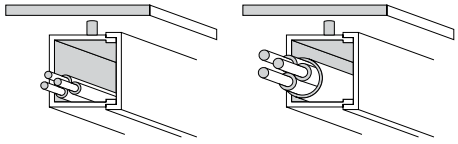


Tramo exterior: cable en canal protectora suspendida (separada de la superficie)

Tramo interior: cables bajo tubo grapado a la pared

Y calculamos la sección por intensidad admisible siguiendo las indicaciones de la norma UNE-HD 60364-5-52 (= IEC 60364-5-52) o siguiendo el apartado 2.1. de este catálogo para los dos sistemas de instalación diferentes (canal protectora y tubo) a lo largo del recorrido de las líneas de corriente continua, escogiendo la sección solución más elevada de los 2 casos.

Zona intemperie → sistema de instalación B1

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2

Coeficientes de corrección para el tramo exterior:

Por acción solar directa (UNE 20435, pto. 3.1.2.1.4): 0,9
Por temperatura de 50 °C en intemperie (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,9

Por agrupamiento de 2 circuitos de 2 strings (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3): 0,8 (ver tabla a continuación)
Por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4

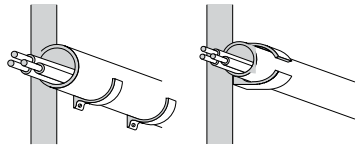
Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalción tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrades o en el interior de una envolvente	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	**A a F**
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	**C**
3	Capa única fijada al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre las bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	**E y F**
5	Capa única sobre escaleras de cables abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Según tabla 4 de IEC 62548. El REBT considera 1,25 en su ITC-BT 40 pero es una ITC-BT no inicialmente pensada para sistemas fotovoltaicos. La norma UNE-HD 60364-7-712 (apartado B2) considera que bajo ciertas condiciones debe aumentarse el coeficiente 1,25.

La irradiación solar extraterrestre, valor máximo teórico de la energía solar disponible. Es la cantidad total de energía procedente del Sol, en todas las longitudes de onda, por unidad de tiempo y por unidad de área de una superficie normal a los rayos solares y a la distancia media entre la Tierra y el Sol. Según el World Radiation Reference Centre (WRRC) el valor es de 1367 W/m². Siendo la intensidad de cortocircuito del panel (ISC STC) proporcional a la irradiación y por haber sido calculada en condiciones estándar a 1000 W/m2 el coeficiente a emplear será 1,4 (≈ 1,367). Si puede parecer elevado recordemos que en Estados Unidos se emplea como coeficiente 1,56. 1,25 para el cálculo del cable en general y 1,25 por la radiación solar extraterrestre (1,25 x 1,25 = 1,56).

En el caso E4 de la norma IEC 62548 (Installation and Safety Requirements for Photovoltaic (PV) Generators) y en el punto 712.433.101 de UNE-HD 60364-7-712 se recoge la no necesidad de proteger contra sobreintensidades* (lo que influye en la elección del coeficiente corrector al alza de Isc STC (ver tabla 4 de la citada norma). Como mucho se derivaría la corriente de una cadena a otra por ello no es necesario proteger. Sí será necesario seccionador para cada cadena para poder operar en ellas y para aislar al inversor.

*Recomendamos en cualquier caso seguir las instrucciones de fabricantes de protecciones.

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1

Coeficientes de corrección para el tramo interior:

Por agrupamiento de 2 circuitos de 2 strings (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3): 0,8

Por instalación fotovoltaica generadora: 1,4

$I'_{int} = 9,18 \times 1,4 / 0,8 = 16,07$ A

Debemos entrar por la columna izquierda con el sistema de instalación tipo B1 y llegar hasta XLPE2 al tratarse el PRYSMIAN PRYSOLAR de cable termoestable que soporta 90 °C en régimen permanente y ser circuitos de 2 conductores activos por tratarse de corriente continua.

Método de instalación tipo según tabla 52-B2		Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores cargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																		
A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)										
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)												
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 90 °C)				
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)								
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)			
D1/D2*		Ver siguiente tabla																		
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 90 °C)		XLPE2 (90 °C)		
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220

Podemos ver que en ambos casos (interior y exterior) la sección mínima a utilizar por el criterio de la intensidad admisible sería 1,5 mm² puesto que para este calibre la columna 10 b (interior) refleja un valor de intensidad máxima de 20 A (< 19,83 A). Si bien deberíamos pensar en cable de sección superior para poder intercalar protección entre la intensidad máxima de la instalación y la intensidad máxima admisible del cable.

Además, teniendo en cuenta que lo normal es encontrar conectores para instalaciones fotovoltaicas para secciones 4 – 6 mm². Este condicionante comercial hace recomendable pensar, de momento, en sección mínima de 4 mm² para el lado de corriente continua.

B. Cálculo de sección por caída de tensión (lado cc)

El punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT dice expresamente:

...la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 % para la intensidad nominal.

Podemos entender que el generador entrega su energía a la salida del inversor, por tanto, tendríamos acotado el 1,5 % de caída de tensión máxima entre el inversor y el cuadro general de mando y protección (CGMP) como punto de interconexión a la instalación interior.

En el lado de corriente continua no tenemos un valor especificado de caída de tensión ni en el REBT ni en la norma UNE-HD 60364-7-712 en la que se encuentra vacío el apartado 712.525 titulado Caída de tensión en las instalaciones de los consumidores. Igual con este título tampoco nos aportaba nada, pero estando en blanco igual algún día tenemos contenido que nos aclare.

El **Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE (PCT-C-REV - julio 2011)** dice lo siguiente en su apartado 5.5.2. en relación la caída de tensión en el cableado de corriente continua:

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

Calcularemos pues considerando también un 1,5 % de caída de tensión máxima en el lado de corriente continua.
La tensión de cada string de 8 paneles será:

$$U_{mpp} = 8 \times 37{,}0 = 296 \text{ V}$$

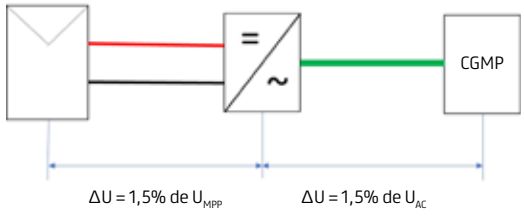
La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$\Delta U = 1{,}5/100 \times 296 = 4{,}44 \text{ V}$$

La conductividad del cobre (ϒ) es 45,5 m/(Ω/mm²). Valor a 90 °C por tratarse de cable termoestable. No es un valor demasiado pesimista teniendo en cuenta que el cable PRYSMIAN PRYSOLAR puede soportar 120 °C en el conductor durante 20 000 h (esta sobretemperatura puede producirse en los cableados de instalaciones fotovoltaicas).

La intensidad nominal es la que nos da la potencia nominal, por tanto, el valor para el punto de máxima potencia (I_{mpp} = 8,64 A)

Módulos



Calcularemos pues considerando también un 1,5 % de caída de tensión máxima en el lado de corriente continua.
La tensión de cada string de 8 paneles será:

$$U_{mpp} = 8 \times 37{,}0 = 296 \text{ V}$$

La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$\Delta U = 1{,}5/100 \times 296 = 4{,}44 \text{ V}$$

La conductividad del cobre (ϒ) es 45,5 m/(Ω/mm²). Valor a 90 °C por tratarse de cable termoestable. No es un valor demasiado pesimista teniendo en cuenta que el cable PRY-

SUN puede oportar 120 °C en el conductor durante 20 000 h (esta sobretemperatura puede producirse en los cableados de instalaciones fotovoltaicas).

La intensidad nominal es la que nos da la potencia nominal, por tanto, el valor para el punto de máxima potencia (I_{mpp} = 8,64 A)

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Upsilon \cdot \Delta U} = \frac{2 \times 30 \times 8{,}64}{45{,}5 \times 4{,}44} = 2{,}57\ mm^2$$

La sección mínima por caída de tensión en el lado de corriente continua será por tanto 4 mm². Criterio que domina sobre el de intensidad admisible (4 > 1,5).

Entonces el cable a emplear será de **1x4 mm²** tipo PRYSMIAN PRYSOLAR para la conexión entre los paneles y el inversor.

C. Cálculo de sección por cortocircuito (lado cc)

Este cálculo es implícito al criterio de la intensidad admisible pues hemos partido de la intensidad de cortocircuito para calcular la sección.

Igualmente para este caso se trata de una línea con 2 conductores cargados (al no considerarse el de protección activo.

El cable es termoestable.

(ver lista de cables termoplásticos y termoestables en la página 53).

Además, como se ha comentado anteriormente, al tratarse de dos cadenas (strings) de paneles en paralelo no es necesaria protección contra sobreintensidades ya que producido un cortocircuito la intensidad en cualquiera de las 2 cadenas no superará el valor de cortocircuito nominal (dato del panel).

Cálculo del lado de corriente alterna

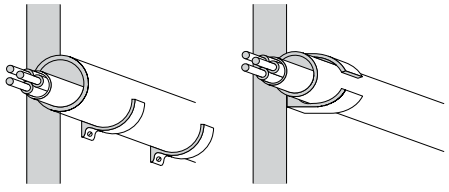
Tensión de salida del inversor (U_{CA}): 230 V.
Intensidad máxima de salida del inversor (intensidad nominal): 21,6 A
Longitud de la línea entre el inversor y el cuadro general de mando y protección: 15 m

A. Cálculo de sección por intensidad admisible (lado ca)

Escogemos el cable Afumex Class 1000 V (AS) instalándolo bajo tubo grapado a la pared.

Cable Afumex Class 1000 V (AS) de alta seguridad con clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b.d1.a1

El sistema de instalación tipo para cable multiconductor bajo tubo en montaje superficial es B2.

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
5		Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto.	B2

En este caso sólo aplicamos coeficiente mayorador 1,25 porque el inversor ya limita la corriente de salida. El resto de los coeficientes del lado de corriente continua no entra en juego. El circuito es único, no forma parte de un agrupamiento, está a la sombra en interior y a la temperatura estándar de España (40 °C valor máximo).

$$I'_{ca} = 21{,}6 \times 1{,}25 = 27\ A$$

Método de instalación tipo según tabla 52-B2		Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																	
A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)		
D1/D2*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182

Vemos en la columna 8b que la sección de 4 mm² soporta hasta 32 A (> 27 A). Será la sección admisible por el criterio de la intensidad admisible.

B. Cálculo de sección por caída de tensión (lado ca)

$$\Delta U = 1{,}5/100 \times 230 = 3{,}45\ V$$

Teniendo en cuenta que la intensidad nominal es la máxima de salida del inversor (21,6 A)

$$\frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot \Delta U} = \frac{2 \times 15 \times 21{,}6 \times 1}{45{,}5 \times 3{,}45} = 4{,}13\ mm^2$$

La sección normalizada inmediata superior es 6 mm². El cable a instalar sería Afumex Class 1000 V (AS) de 3G6.

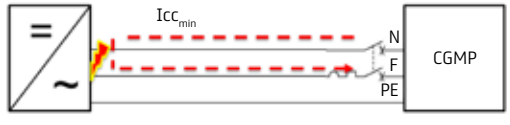
C. Cálculo de sección por cortocircuito (lado ca)

Comprobaremos si la sección mínima técnicamente admisible (6 mm²) admitirá el cortocircuito mínimo.

La fórmula de la GUIA-BT-ANEXO 3 nos permite calcular el valor de cortocircuito:

$$Icc = \frac{0{,}8\ U}{Z_{máx}}$$

El valor a considerar para el tramo de corriente alterna y tratándose de una instalación generadora será el cortocircuito mínimo que deba necesitar la protección antes del cuadro general de mando y protección, considerando que el cortocircuito se produce a la salida del inversor. Los inversores tienen regulada la corriente máxima de salida y con los cálculos realizados (1,25 veces 21,6 A) la sección por el criterio del cortocircuito será suficiente (visto desde la salida en alterna del inversor).



Vamos a considerar solamente la resistencia para simplificar al tratarse de sección pequeña la reactancia influye poco (≈ 0,08 Ω/km).

Utilizamos el valor de resistividad del cobre a 145 °C (valor de temperatura estimado para cortocircuito).

Calculamos del cobre la resistividad a 145 °C tomando la fórmula de la UNE 20003 (IEC 28):

$$\rho_{CuT} = 1/58 \times (1 + 0{,}00393 \times (T-20)) \rightarrow$$

$$\rho_{Cu150} = 1/58 \times (1 + 0{,}00393 \times (150-20)) = 0{,}02605\ mm^2 \cdot \Omega/m$$

$$Z \approx R = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0{,}02605 \times 15 \times 2}{6} = 0{,}13025\ \Omega$$

$$I_{ccmin} = \frac{0{,}8 \times 230}{0{,}13025} = 1413\ A$$

Si la protección de curva C antes del cuadro general de mando y protección es de 32 A (dado que la intensidad máxima será de 27 A y el conductor de 6 mm² soporta hasta 41 A (ver tabla de intensidades admisibles) la corriente mínima que asegura el disparo magnético es 320 A, inferior a 1413 A. Ver GUIA-BT 22, pto. 1.1.

$$I_{ccmín} > Im = 10\ In \rightarrow 1413\ A > 320\ A = 10 \times 32\ A$$

La sección de 6 mm² es válida por el criterio del cortocircuito.El cable a instalar será **Afumex Class 1000 V (AS)** de 3G6.

2.17.2. Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 50 kW para autoconsumo industrial

Como continuación al ejemplo de autoconsumo doméstico anterior exponemos ahora cálculos propios de un sistema fotovoltaico para una pequeña industria.

Al tratarse de 50 kW de potencia nominal (potencia eléctrica nominal del inversor) lo adecuado es pensar en una potencia pico en el campo fotovoltaico superior (hasta 20 %) dado que las condiciones de generación generalmente serán inferiores a las nominales de los paneles.

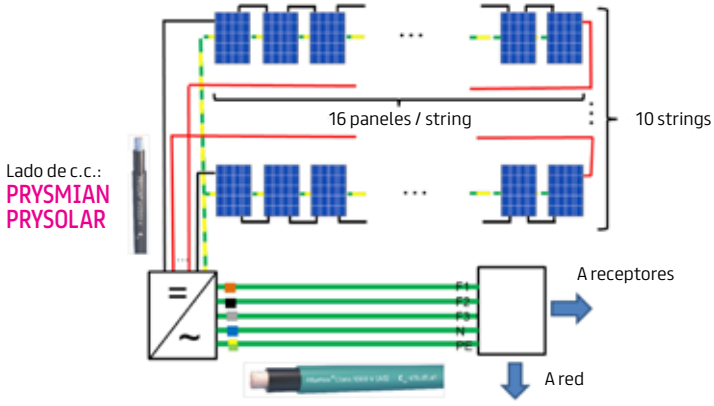
La instalación constará de 10 strings (cadenas fotovoltaicas) de 16 paneles cada una.

Datos de los módulos utilizados:

Potencia nominal de salida: 350 W
Tensión en el punto de máxima potencia (U_{MPP}): 38,6 V
Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{MPP}): 9,07 A
Intensidad de cortocircuito ($I_{SC\ STC}$): 9,41 A
Valor máximo del fusible en serie: 15 A
Tensión de circuito abierto (Voc): 44,3 V
Tensión máxima del sistema: 1000 Vdc

10 x 16 x 350 W = 56 000 W > 50 000 W

La instalación conectará directamente con el inversor las 10 cadenas de módulos fotovoltaicos (strings). Pensemos que nuestro inversor permite monitorización de cada string. No será necesario instalar caja de conexiones para conectarse en el inversor sólo con un positivo y un negativo, que sería otra alternativa.



Lado de c.a.: Afumex Class 1000 V (AS)

Cálculo del lado de corriente continua

Número de paneles por string: 16
Número de strings: 10
Longitud de las líneas de cada string: 62 m (longitud del cable hasta el módulo más alejado del inversor)

A. Cálculo de sección por intensidad admisible (lado cc)

El cable PRYSMIAN PRYSOLAR está diseñado según el estándar europeo EN 50618* y el estándar internacional IEC 62930. Una garantía de calidad a lo largo de la vida útil de la instalación fotovoltaica.

*El punto 712.521.101 de la UNE-HD 60364-7-712 (Sistemas de alimentación solar fotovoltaica) recoge esta norma de diseño.

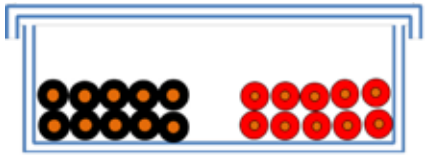
El cable PRYSMIAN PRYSOLAR de Prysmian diseñado según la norma europea de referencia EN 50618 supera ensayos medioambientales, mecánicos, químicos y de fuego. Es la solución Prysmian de calidad para el lado de corriente continua de las instalaciones fotovoltaicas.

Con el valor de intensidad de cortocircuito en condiciones STC para realizar el cálculo obtendremos la sección por intensidad admisible y por intensidad de cortocircuito en un solo cálculo.

Intensidad de cortocircuito ($I_{SC\,STC}$): 9,41 A

El cable irá instalado en canal protectora separada de la superficie en el tramo exterior (al ser intemperie aplica ITC-BT 30, pto. 2.1.2.) para que la canalización ventile mejor el calor, en interior el cable irá en canal protectora también en pared. En ambos casos el sistema de instalación tipo es B1 (UNE-HD 60364-5-52).

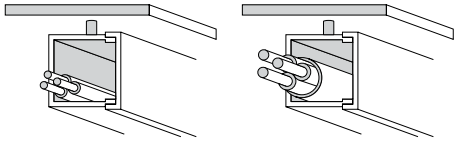
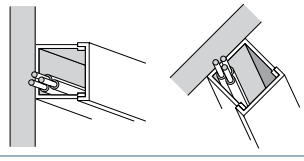
Un tramo estará afectado por el sol y otro no. Por lo que para obtener la sección a instalar tendremos que tomar un coeficiente de corrección por acción solar al ser la condición más desfavorable la del tramo exterior.



NOTA: agrupamos positivos por un lado y negativos por otro. Si se produce un contacto entre conductores por defecto de aislamiento tendrán una tensión similar y las consecuencias del fallo serán menores. Tratándose de corriente continua no hay problemas de inducciones entre conductores homopolares ya que como sabemos se producen por las variaciones de corriente, algo propio de sistemas de corriente alterna. Expresamente lo recoge el **Pliego de condiciones técnicas para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red del IDAE (PCT-C-REV – julio 2011)** en su apartado 5.5.1: *Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente*. Igualmente figura en el punto 5.8.4 del Pliego dedicado a las instalaciones aisladas de red.

Y calculamos la sección por intensidad admisible siguiendo las indicaciones de la norma UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52 (apartado 2.1. de este catálogo).

Sistema de instalación B1

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1

Coeficientes de corrección para el tramo exterior:

- Por acción solar directa (UNE 20435, pto. 3.1.2.1.4): 0,9
- Por temperatura de 50 °C en intemperie (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14): 0,9
- Por agrupamiento de 10 circuitos dentro de una envolvente (UNE-HD 60364-5-52, tabla C.52.3): 0,45 (por defecto ya que no hay valor para 10 circuitos)
- Por instalación fotovoltaica generadora (IEC 62548): 1,4*

*La norma UNE-HD 60364-7-712 considera que bajo ciertas condiciones debe aumentarse el coeficiente 1,25. La norma IEC 62548 toma 1,4 como valor de referencia. Ver artículo anterior.

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalción tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrades o en el interior de una envolvente	1,0	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
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	0,70	0,70	0,70	C
3	Capa única fijada al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre las bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Mayoramos el 40 % la intensidad y aplicamos el resto de coeficientes inversamente para obtener la sección de conductor directamente en la tabla de intensidades admisibles:

$$I'_{ext} = 9,41 \times 1,4 / (0,9 \times 0,9 \times 0,45) = 36.14\ A$$

Con este valor iremos a la tabla C.52.1.bis de UNE-HD 60364-5-52 (o este catálogo).

Debemos entrar por la columna izquierda con el sistema de instalación tipo B1 y llegar hasta XLPE2 al tratarse el PRYSMIAN PRYSOLAR de cable termoestable que soporta 90 °C en régimen permanente y ser circuitos de 2 conductores activos por tratarse de corriente continua.

Método de instalación tipo según tabla 52-B2		Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																	
A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)		
D1/D2*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59

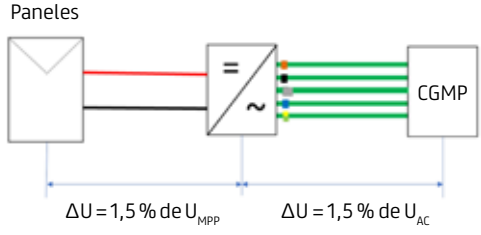
La sección mínima a utilizar por el criterio de la intensidad admisible sería 4 mm² puesto que para este calibre la columna 10b da 38 A (> 36,14 A). Pero el valor es muy cercano al máximo admisible, por lo que para poder instalar un fusible cuyo valor nominal esté entre el valor máximo de corriente admisible en el cable (38 A x 0,9 x 0,9 x 0,45 = 13,85 A) y el valor de corriente máxima que circule una protección lo adecuado es instalar cable de **6 mm²** cuya intensidad máxima en las condiciones de la instalación será 49 A x 0,9 x 0,9 x 0,45 = 17,86 A. El fusible de valor máximo 15 A (nominal del panel FV) podría proteger la instalación (dentro del inversor en este caso), su corriente nominal es inferior a 17,86 A y superior a 13,17 A (= 36,14 x 0,9 x 0,9 x 0,45).

B. Cálculo de sección por caída de tensión (lado cc)

El punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT dice expresamente:

...la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5 % para la intensidad nominal.

Se puede considerar el 1,5 % máximo entre inversor y CGMP, y de acuerdo con el **Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE** otro 1,5 % como valor máximo de caída de tensión entre paneles e inversor. También sería aceptable y habitual tomar 0,75 % para cada tramo y así sumar 1,5 % en el total.



La tensión de cada string de 16 paneles en el punto de máxima potencia será:

$$U_{MPP} = 16 \times 38,6 = 617,6 \text{ V}$$

La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$\Delta U = 1,5/100 \times 617,6 = 9,26 \text{ V}$$

La conductividad del cobre (Υ) es 45,5 m/(Ω/mm²). Valor a 90 °C por ser PRYSMIAN PRYSOLAR un cable termoestable. No es un valor demasiado pesimista teniendo en cuenta que puede soportar 120 °C en el conductor durante 20 000 h.

La tensión de cada string de 16 paneles en el punto de máxima potencia será:

$$U_{MPP} = 16 \times 38,6 = 617,6 \text{ V}$$

La caída de tensión máxima en voltios para el lado de corriente continua es:

$$\Delta U = 1,5/100 \times 617,6 = 9,26 \text{ V}$$

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\Upsilon \cdot \Delta U} = \frac{2 \times 62 \times 9{,}07}{45{,}5 \times 9{,}26} = 2{,}67\ mm^2$$

La sección mínima por caída de tensión en el lado de corriente continua será por tanto 4 mm².

Entonces el cable a emplear será de 1x6 mm² tipo **PRYSMIAN PRYSOLAR** para la conexión entre los paneles y el inversor pues domina el criterio de la intensidad admisible.

C. Cálculo de sección por cortocircuito (lado cc)

Este cálculo es implícito al criterio de la intensidad admisible pues hemos partido de la intensidad de cortocircuito para calcular la sección. Las protecciones de las cadenas están dentro del inversor al tener entrada directa de las 10 cadenas sin caja de conexiones previa en la que se pasara de 20 conductores a 2.

Cálculo del lado de corriente alterna

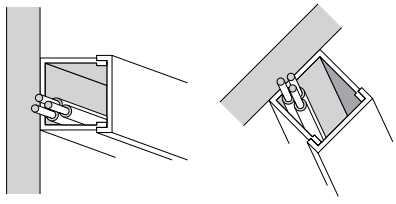
Tensión de salida del inversor (U_{CA}): 400 V (trifásica)
Intensidad máxima de salida del inversor (intensidad nominal): 73 A
Intensidad máxima de fallo a la salida del inversor: 86 A
Longitud de la línea entre el inversor y el cuadro general de mando y protección: 57 m

A. Cálculo de sección por intensidad admisible (lado ca)

Escogemos el cable **Afumex Class 1000 V (AS)** unipolar pues a buen seguro la sección solución no será pequeña. La línea irá instalada en canal protectora lisa.

Cable **Afumex Class 1000 V (AS)** de alta seguridad con clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b.d1.a1

El sistema de instalación tipo para cable unipolar bajo canal protectora fijada sobre pared es B1.

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1

Se trata de una línea con 3 conductores cargados (al no considerarse ni el neutro ni el de protección activo. El cable es termoestable (ver lista de cables termoplásticos y termoestables en la página 53).

En este caso sólo aplica el coeficiente de corrección de la ITC-BT 40 (1,25), el inversor limita la corriente de salida (para nuestro caso corriente máxima de fallo 86 A < 1x25 x 73 A)). El resto de los coeficientes del lado de corriente continua no entra en juego (no hay agrupación de circuitos, no hay acción solar y la temperatura ambiente es de 40 °C).

$$I'_{ca} = 73 \times 1{,}25 = 91{,}25\ A$$

Método de instalación tipo según tabla 52-B2		Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																	
A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)		
D1/D2*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

Cobre	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220

Vemos en la columna 8b que la sección de **25 mm²** soporta hasta 100 A (> 91,25 A). Será la sección admisible por el criterio de la intensidad admisible.

Nota: Según UNE-HD 60364-7-712 pto. 712.433.104, *la corriente de diseño del inversor es la corriente alterna máxima indicada por el fabricante del inversor, o en su defecto, 1,1 veces su corriente nominal alterna.*

B. Cálculo de sección por caída de tensión (lado ca)

Con el valor de la intensidad nominal (73 A), según leemos en el punto 5 de la ITC-BT 40, obtenemos la sección por caída de tensión para el 1,5 % máximo admisible:

$$\Delta U = 1{,}5/100 \times 400 = 6\ V$$

$$S = \frac{V3 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Upsilon \cdot \Delta U} = \frac{V3 \times 57 \times 73 \times 1}{45{,}5 \times 6} = 26{,}4\ mm^2$$

La sección normalizada inmediata superior es 35 mm², superior al criterio de intensidad admisible. El cable a instalar sería Afumex Class 1000 V (AS) de 1x35 para las fases y el neutro y será suficiente con 1x16 para el conductor de protección.

También puede instalarse cable multipolar Afumex Class 1000 V (AS) de 5G35.

C. Cálculo de sección por cortocircuito (lado ca)

Para empezar tenemos la corriente máxima de fallo (86 A) que nos facilita la ficha técnica del inversor. Como hemos calculado por el criterio de la intensidad admisible para la corriente máxima de salida del inversor (intensidad nominal = 73 A) con el coeficiente de la ITC-BT 40 (1,25). Tenemos la sección calculada para soportar también un eventual cortocircuito (1,25 x 73 = 91,25 A > 86 A).

Comprobaremos si la sección mínima técnicamente admisible (35 mm²) admitirá el cortocircuito mínimo visto desde la protección a la entrada del CGMP.

Recurrimos a la GUIA-BT-ANEXO 3 para recordar la fórmula de cálculo aproximado:

$$I_{cc} = \frac{0{,}8\ U}{Z_{máx}}$$

Tomamos la salida del inversor para el cortocircuito y la protección antes de la entrada del CGMP.

Utilizamos el valor de resistividad del cobre a 145 °C (valor de temperatura estimado para cortocircuito).
Calculamos del cobre la resistividad a 145 °C tomando la fórmula de la UNE 20003 (IEC 28):

$$\rho_{CuT} = 1/58 \times (1 + 0{,}00393 \times (T-20)) \rightarrow$$

$$\rho_{Cu150} = 1/58 \times (1 + 0{,}00393 \times (145-20)) = 0{,}02571\ mm^2 \cdot \Omega/m$$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0{,}02571 \times 57 \times 2}{35} = 0{,}0837\ \Omega$$

Tomando para la reactancia el valor aproximado de 0,08 Ω/km que nos ofrece el anexo G de la UNE-HD 60364-5-52 obtenemos la impedancia del bucle:

$$Z = \sqrt{0{,}0837^2 + (0{,}08 \times 0{,}057)^2} = 0{,}0838\ \Omega$$

$$I_{ccmin} = \frac{0{,}8 \times 400}{0{,}0838} = 3819\ A$$

En el sistema de instalación B1 (XLPE3) la sección de 35 mm² soporta 124 A de intensidad máxima admisible. Sabemos que por la línea circulará una intensidad máxima de 91,25 A. Podemos utilizar un interruptor automático de In = 100 A con curva C.

La corriente mínima que asegura el disparo magnético será 10 x 100 = 1000 A, con lo que la sección de la línea del lado de corriente alterna estará correctamente diseñada, cumpliendo también el criterio del cortocircuito con 35 mm². Ver GUIA-BT 22, pto. 1.1.

$$I_{ccmín} > Im = 10\ In \rightarrow \quad 3819\ A > 1000\ A = 10 \times 100\ A$$

La sección de **35 mm²** es válida por el criterio del cortocircuito, es la sección a instalar.

2.17.3. Incidencia de los agrupamientos de circuitos de strings fotovoltaicos en bandejas. Intensidades máximas admisibles. Tablas de aplicación.

Las líneas de string de corriente continua de las instalaciones fotovoltaicas suelen formar parte de un agrupamiento de conductores cuya intensidad admisible se ve notablemente reducida respecto a los valores de las tablas originales. Abordamos la situación en el presente artículo arrojando luz para evitar sobrecargas en las líneas.

Imagen cortesía de SPV Sistemas

Vaya por delante que quien escrite este texto no es partidario de sistematizar los cálculos de conductores dado que, en general, se ven afectados de varios condicionantes y simplificar puede ir en contra de la seguridad. En este artículo haremos una excepción siempre aclarando las condiciones generales de la instalación antes de ofrecer soluciones de tabla.

Sabemos que muchas instalaciones fotovoltaicas en su lado de corriente continua están realizadas con cables instalados en bandejas perforadas o rejilla* por la resistencia a la intemperie contrastada de los cables fotovoltaicos tipo PRYSMIAN PRYSOLAR diseñados según EN 50618 para soportar las condiciones de exterior. Partiendo de este sistema de instalación obtendremos valores máximos de intensidades admisibles para las secciones más habituales de uso según las diferentes posibilidades de agrupamiento.

*Recomendamos se asegure la aceptación legal de este sistema de instalación, ver ITC-BT 30 pto. 1 y GUIA-BT 30, pto. 2.

Cable PRYSMIAN PRYSOLAR según EN 50618 e IEC 62930 para lado de continua de instalaciones fotovoltaicas. Excelente resistencia a la intemperie.

Vamos a resumir las condiciones generales de inicio que perfectamente pueden ser extrapolables a la mayoría de los casos:

- Sistema de instalación: cables unipolares tipo PRYSMIAN PRYSOLAR en continua (dos conductores cargados por string) en bandeja perforada o rejilla (sistema de instalación F)
- Agrupación de circuitos de string (cadena fotovoltaica) en la misma bandeja (en varias capas o en un mazo)
- Temperatura ambiente estimada máxima: 50 °C
- Instalación directamente expuesta al sol

En la siguiente tabla se recogen las intensidades máximas admisibles según sección y número de circuitos, hasta 20 circuitos, para las condiciones comentadas:

Sección conductor (mm²)	Intensidad calculada de tabla B.52.12 (30°C)	Intensidad máxima admisible (A)																			
N° Strings		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1 x 2,5	37	21,8	17,8	15,3	14,2	13,1	12,5	11,8	11,4	10,9	9,8	9,8	9,8	9,0	9,0	9,0	9,0	8,3	8,3	8,3	8,3
1 x 4	50	29,5	23,6	20,7	19,2	17,7	16,8	15,9	15,4	14,8	13,3	13,3	13,3	12,1	12,1	12,1	12,1	11,2	11,2	11,2	11,2
1 x 6	65	38,4	30,7	26,9	24,9	23,0	21,9	20,7	20,0	19,2	17,3	17,3	17,3	15,7	15,7	15,7	15,7	14,6	14,6	14,6	14,6
1 x 10	90	53,1	42,5	37,2	34,5	31,9	30,3	28,7	27,6	26,6	23,9	23,9	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	20,2	20,2	20,2	20,2
1 x 16	121	71,4	57,2	50,0	46,4	42,9	40,7	38,6	37,1	35,7	32,1	32,1	32,1	29,3	29,3	29,3	29,3	27,1	27,1	27,1	27,1
1 x 25	161	95,1	76,0	66,5	61,8	57,0	54,2	51,3	49,4	47,5	42,8	42,8	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0	36,1	36,1	36,1	36,1
Coef. agrupamiento		1,0	0,8	0,7	0,66	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,45	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,38	0,38	0,38	0,38
	30°C	50°C (**0,82**)																			
	Sombra	Al sol (**0,9**)																			
		FV (ITC-BT 40) (1//1,25 = **0,8**)																			
Instalación en bandeja perforada o rejilla (Sistema F, XLPE2)																					

Calculando* de partida las intensidades admisibles en condiciones estándares (circuito único, a la sombra, temperatura ambiente = 30 °C) de la norma UNE-HD 60364-5-52 según el anexo C de IEC 60364-5-52 (ver segunda columna por la derecha) podemos obtener las intensidades para cada sección y agrupamiento hasta 20 strings.

*Estos valores para estas secciones hasta 25 mm² no figuran en la tabla B-52-12 por ello han sido calculados.

En las filas de pie de tabla podemos ver los coeficientes aplicados en el siguiente orden:

- Agrupamiento: según tabla B.52.17 de UNE-HD 60364-5-52 (fila 1)
- Temperatura ambiente: 50 °C → **0,82** (según tabla B.52.14 de UNE-HD 60364-5-52)
- Exposición directa al sol: **0,9** (en base a UNE 20435)
- Generación en baja tensión: **0,8** (según ITC-BT 40, pto. 5. 0,8 = 1/1,25)

Si aplicamos los coeficientes anteriores a los valores de intensidad admisible de partida en la segunda columna obtenemos los valores máximos de intensidad admisible para cada sección de conductor y agrupamiento.

Por ejemplo, si tenemos agrupamiento de 12 strings con sección de 1 X 4 mm² la intensidad admisible es:

50 x 0,45 x 0,82 x 0,9 x 0,8 = 13,3 A

Valor que podemos observar en la tabla.

Si, por ejemplo, sabemos que la intensidad de cada string a considerar (normalmente la $I_{SC\text{-}STC}$, por ser ligeramente superior a la I_{mpp} y así cubrir tanto servicio permanente como cortocircuito) y esta fuera 11,8 A en una canalización de 20 strings tendríamos que la sección de 4 mm² no sería suficiente, ya que el valor máximo es de 11,2. En este caso habría que optar por el cable PRYSMIAN PRYSOLAR de 1 X 6 mm² con valor máximo 14,6 A.

¿Y si tenemos más de 20 strings en la canalización?

La tabla de aplicación sería la siguiente:

Sección conductor (mm²)	Intensidad calculada de tabla B.52.12 (30°C)	Intensidad máxima admisible (A)																			
Nº Strings		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1 x 2,5	37	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5
1 x 4	50	6,4	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7	4,7
1 x 6	65	8,4	8,2	8,0	7,8	7,7	7,5	7,4	7,3	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1
1 x 10	90	11,6	11,3	11,1	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,9	9,7	9,5	9,4	9,2	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5	8,4
1 x 16	121	15,6	15,2	14,9	14,6	14,3	14,0	13,7	13,5	13,3	13,0	12,8	12,6	12,4	12,3	12,1	11,9	11,7	11,6	11,4	11,3
1 x 25	161	20,7	20,3	19,8	19,4	19,0	18,6	18,3	18,0	17,7	17,4	17,1	16,8	16,5	16,3	16,1	15,8	15,6	15,4	15,2	15,0
Coef. agrupamiento		0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,19	0,52	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	017	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16
	30°C	50°C (**0,82**)																			
	Sombra	Al sol (**0,9**)																			
		FV (ITC-BT 40) (1//1,25 = **0,8**)																			
Instalación en bandeja perforada o rejilla (Sistema F, XLPE2)																					

Como en la tabla de coeficientes de corrección por agrupamiento (B.52.17) sólo tenemos factores hasta 20 circuitos recurrimos a la fórmula que nos da el apartado B.52.5 de UNE-HD 60364-5-52 para grupos en general. Que aunque es fórmula para diferentes tamaños, en ausencia de otra información de aplicación en la citada norma procedemos a obtener el coeficiente para cada agrupamiento F para n circuitos según vemos a continuación:

$$F = 1/\sqrt{n}$$

Así para 31 strings podemos ver que $F = 1/\sqrt{31} = 0{,}18$

Vemos que ahora las intensidades se reducen más todavía y como moraleja podemos afirmar que cuando hablamos de un elevado número de circuitos de string agrupados a veces la sección de 4 o 6 mm² no es suficiente por el criterio de la intensidad admisible y ha de ser comprobado. No siempre pensar que con calcular por el criterio de la caída de tensión es suficiente.

¿Y si podemos separar los agrupamientos de cables?

Efectivamente hay una forma de poder incrementar la intensidad admisible en nuestro tendido, y es aumentando la distancia de separación de los grupos de cables.

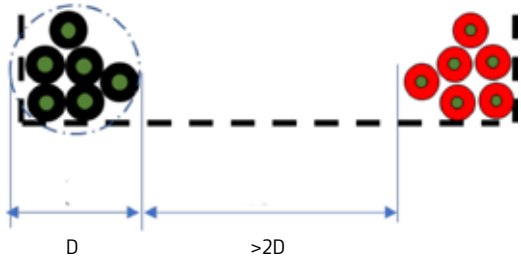
La NOTA 2 de la tabla de coeficientes de corrección por agrupamiento de referencia (B.52-17) dice textualmente: *Cuando la distancia **horizontal** entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro total, no es necesario ningún factor de reducción.*

Extrapolamos tal afirmación a agrupaciones de cables de tal forma que si podemos distanciar los mismos al menos el doble del diámetro envolvente de los mismos, podemos obviar el coeficiente de corrección por agrupamiento, entre los dos grupos.

Cuando se separan dos veces el diámetro de envolvente los grupos de cable, no es necesario considerar agrupamiento entre los mismos (en tendidos horizontales). Imagen cortesía de SPV Sistemas.

En este caso no habrá que considerar coeficiente de corrección entre las agrupaciones de positivos y negativos por no tener influencia térmica, pero sí en cada grupo. Al ser 6 conductores cargados equivale a 3 circuitos y por tanto los valores de intensidad admisibles serán (ver tabla 1 de este artículo):

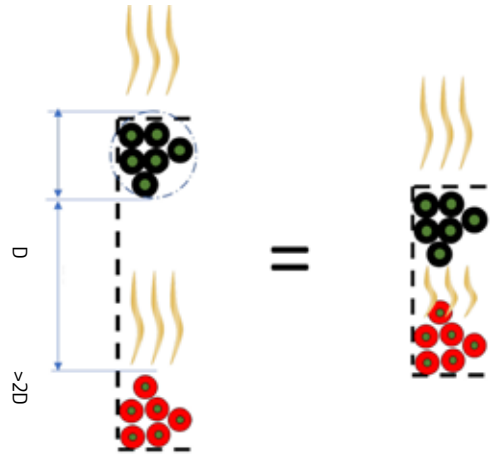
20,7 A para conductores de 4 mm^2
26,9 A para conductores de 6 mm^2



Las canalizaciones de strings no siempre son horizontales en todo su recorrido. Por ello, resaltamos que la NOTA de la norma es para tendidos horizontales, si no fuera así y la bandeja se fija en posición vertical, ya sea en todo **o en parte del tendido**, deberemos considerar el caso más desfavorable, como si todos los conductores estuvieran agrupados dado que el flujo del calor generado por efecto Joule en los conductores ascenderá verticalmente y uno de los mazos afectará al otro.

Si el recorrido con la bandeja en posición vertical se produce sólo en interiores y los mazos están separados el menos 2D también se puede calcular la nueva intensidad máxima admisible para ese tramo, ya qué si bien el coeficiente por agrupamiento será mayor que en el exterior, la canalización no se verá afectada por la acción solar y posiblemente se pueda considerar otra temperatura máxima ambiente inferior a 50 °C.

Por último, si el recorrido de la bandeja es tal que los cables discurren verticalmente se puede producir una acumulación de calor en la parte superior de la canalización. Esto debe ser pensado desde el momento del diseño pues la norma no establece coeficiente de corrección para cuando la ventilación efectiva no es asegurada.



¿Y si tendemos los cables en una sola capa?

Si en lugar de agrupar los cables en varias capas o en haces lo hacemos en una sola capa el coeficiente corrector puede ser menos estricto que el planteado en la tabla 1. Es decir, será más alto porque se favorece la ventilación del calor generado. En el caso de pocos strings es posible que el ancho de la bandeja empleada no sea un problema para extender los cables en una sola capa, pero si la bandeja no es suficientemente ancha o se aumenta su dimensión o se emplean varias capas. Y ya no se podrán aplicar ese coeficiente más "permisivo" de la fila 4 tabla B.52.17. cuyos valores reproducimos a continuación, así como los de la fila 1 considerados en la tabla 1 de la siguiente página.

Punto	Disposición (en contacto)	Números de circuitos												Métodos
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	**Agrupados en el aire**, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	**A a F**
4	**Capa única** sobre sitemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	Sin factor de reducción suplementario			**E y F**

Si recuperamos el caso de los 6 strings pero con los cables tendidos en una sola capa:

Las intensidades admisibles se verán afectadas por los mismos coeficientes de corrección expuestos salvo el de agrupamiento (0,73 para 6 circuitos):

Para 4 mm^2 → I = 50 x 0,82 x 0,9 x 0,8 x 0,73 = 21,5 A
Para 6 mm^2 → I = 65 x 0,82 x 0,9 x 0,8 x 0,73 = 28 A

Si nos fijamos vemos que para más de 7 circuitos en el agrupamiento el coeficiente corrector va a ser 0,72 siempre. Por ello ya podemos saber los valores de intensidad máxima que puede soportar un cable de 4 mm^2 siempre que se instale en capa única (en las condiciones fijadas inicialmente):

Para 4 mm^2 → I = 50 x 0,82 x 0,9 x 0,8 x 0,72 = 21,3 A
Para 6 mm^2 → I = 65 x 0,82 x 0,9 x 0,8 x 0,72 = 27,6 A

Valores holgados teniendo en cuenta los valores típicos de intensidad de string. Es decir, en estos casos se puede afirmar que en general, en capa única, el criterio de la intensidad máxima admisible no será problema con secciones de 4 o 6 mm^2. Pero nunca olvidemos que hay que calcular también por el criterio de la caída de tensión que es dominante en la mayoría de los casos.

Como decimos no será en general un problema, pero no es una solución práctica cuando el número de circuitos de string sea elevado por las dimensiones de la bandeja necesaria.

Se ha centrado el cálculo en las secciones de más común uso, 4 y 6 mm^2, por ser las que permiten más sencilla instalación con los conectores más habituales del mercado. Y a su vez son las secciones de resultado más frecuente en instalaciones de autoconsumo.

El presente artículo trata de establecer consideraciones generales para, de forma rápida y sencilla, obtener una sección de conductor o comprobar si la que tenemos pensada puede ser correcta o no. Resaltamos de nuevo que las condiciones de cada instalación debe valorarlas el proyectista y/o instalador. La intención ha sido dejar claro como influyen las diferentes disposiciones en bandeja perforada o rejilla en la sección a instalar pretendiendo escenificar justificadamente diferentes situaciones frecuentes que ayuden al interesado a tener en cuenta todos los condicionantes que afectan a la canalización eléctrica desde el punto de vista de la intensidad máxima admisible solamente. Para justificar el cálculo por completo debemos calcular con el criterio de la caída de tensión*, asunto que comentaremos en el siguiente artículo.

*Debería comprobarse el criterio del cortocircuito, si bien hemos partido de intensidad de cortocircuito en condiciones STC (Standard Test Conditions) para redactar el artículo pero sabemos que a partir de 3 strings, incluido, hay que calcular y comprobar las protecciones adecuadas.

2.17.4. Caídas de tensión en líneas de strings fotovoltaicos (tablas de aplicación)

La caída de tensión es mayoritariamente el criterio dominante de cálculo de secciones de string en instalaciones fotovoltaicas para autoconsumo. Tomando valores típicos de uso en estas instalaciones procedemos a elaborar tablas de longitudes máximas admisibles para no superar valores de caída de tensión.

El cálculo de sección de conductor por caída de tensión en el lado de continua de una instalación fotovoltaica es extraordinariamente sencillo. No tenemos coseno de φ, no influye la reactancia y la fórmula de aplicación es solo una:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta U}$$

L: longitud del conductor más largo del circuito de string [m]
I: intensidad de corriente del string (I_{MPP})* [A]
γ: conductividad del conductor a 90 °C → 45,5 m/(Ω·mm²)
ΔU: caída de tensión [V]

*El punto 5 de la ITC-BT 40 del REBT cita calcular la caída de tensión con el valor de intensidad nominal → I_{MPP}

Imagen cortesía de SPV Sistemas

Así si por ejemplo tenemos que calcular la sección por caída de tensión de una línea de string con longitud del polo más largo 30 m, intensidad del punto de máxima potencia 9,5 A para una caída de tensión máxima de 0,75 % a una tensión de string de 360 V la sección será:

$$S = \frac{3 \times 30 \times 9,5}{45,5 \times (0,0075 \times 360)} = 4,63 \rightarrow 6\ mm^2$$

La sección solución será 1x6 mm² al ser la inmediata superior normalizada a 4,63 mm².

Despejando L de la fórmula expuesta podemos obtener la longitud máxima de conductor de sección S que soporte una determinada caída de tensión ΔU, para una intensidad I.

$$L_{máx} = \frac{S \cdot \gamma \cdot \Delta U}{2 \cdot I}$$

Si la tensión de string en de 580 V y la máxima caída de tensión admitida fuera un 1 %, para un conductor de 4 mm² por el que circulará una I_{MPP} de 8,5 A tendremos que la máxima longitud por polo es:

$$L_{máx} = \frac{4 \times 45,5 \times (0,01 \times 580)}{2 \times 8,5} = 62\ m$$

Aplicando el procedimiento anterior obtenemos valores de longitudes máximas para cada caso.

En las siguientes tablas se han recogido valores de longitudes máximas de conductor (polo) para strings en función de la sección de conductor, la tensión, la caída de tensión admitida y la intensidad del punto de máxima potencia para parámetros típicos de instalaciones para autoconsumo en general.

Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 4 mm²
0,75 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	23	20	17	16	15	14	14	12	11	11	10
	220	25	21	19	18	17	16	15	14	13	12	11
	240	27	23	20	19	18	17	16	15	14	13	12
	260	30	25	22	21	20	19	18	16	15	14	13
	280	32	27	24	22	21	20	19	17	16	15	14
	300	34	29	26	24	23	22	20	19	17	16	15
	320	36	31	27	26	24	23	22	20	18	17	16
	340	39	33	29	27	26	24	23	21	19	18	17
	360	41	35	31	29	27	26	25	22	20	19	18
	380	43	37	32	31	29	27	26	24	22	20	19
	400	46	39	34	32	30	29	27	25	23	21	20
	420	48	41	36	34	32	30	29	26	24	22	20
	440	50	43	38	35	33	32	30	27	25	23	21
	460	52	45	39	37	35	33	31	29	26	24	22
	480	55	47	41	39	36	34	33	30	27	25	23
	500	57	49	43	40	38	36	34	31	28	26	24
	520	59	51	44	42	39	37	35	32	30	27	25
	540	61	53	46	43	41	39	37	34	31	28	26
	560	64	55	48	45	42	40	38	35	32	29	27
	580	66	57	49	47	44	42	40	36	33	30	28
	600	68	59	51	48	46	43	41	37	34	32	29
	620	71	60	53	50	47	45	42	38	35	33	30
	640	73	62	55	51	49	46	44	40	36	34	31
	660	74	64	56	53	50	47	45	41	38	35	32
	680	77	66	58	55	52	49	46	42	39	36	33
	700	80	68	60	56	53	50	48	43	40	37	34
	720	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	740	84	72	63	59	56	53	51	46	42	39	36
	760	86	74	65	61	58	55	52	47	43	40	37

Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 4 mm²
1 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	30	26	23	21	20	19	18	17	15	14	13
	220	33	29	25	24	22	21	20	18	17	15	14
	240	36	31	27	26	24	23	22	20	18	17	16
	260	39	34	30	28	26	25	24	22	20	18	17
	280	42	36	32	30	28	27	25	23	21	20	18
	300	46	39	34	32	30	29	27	25	23	21	20
	320	49	42	36	34	32	31	29	26	24	22	21
	340	52	44	39	36	34	33	31	28	26	24	22
	360	55	47	41	39	36	34	33	30	27	25	23
	380	58	49	43	41	38	36	35	31	29	27	25
	400	61	52	46	43	40	38	36	33	30	28	26
	420	64	55	48	45	42	40	38	35	32	29	27
	440	67	57	50	47	44	42	40	36	33	31	29
	460	70	60	52	49	47	44	42	38	35	32	31
	480	73	62	55	51	49	46	44	40	36	34	31
	500	76	65	57	54	51	48	46	41	38	35	33
	520	79	68	59	56	53	50	47	43	39	36	34
	540	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	560	85	73	64	60	57	54	51	46	42	39	36
	580	88	75	66	62	59	56	53	48	44	41	38
	600	91	78	68	64	61	57	55	50	46	42	39
	620	94	81	71	66	63	59	56	51	47	43	40
	640	97	83	73	69	65	61	58	53	49	45	42
	660	100	86	75	71	67	63	60	55	50	46	43
	680	103	88	77	73	69	65	62	56	52	48	44
	700	106	91	80	75	71	67	64	58	53	49	46
	720	109	94	82	77	73	69	66	60	55	50	47
	740	112	96	84	79	75	71	67	61	56	52	48
	760	115	99	86	81	77	73	69	63	58	53	49

Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 4 mm²
1,5 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	46	39	34	32	30	29	27	25	23	21	20
	220	50	43	38	35	33	32	30	27	25	23	21
	240	55	47	41	39	36	34	33	30	27	25	23
	260	59	51	44	42	39	37	35	32	30	27	25
	280	64	55	48	45	42	40	38	35	32	29	27
	300	68	59	51	48	46	43	41	37	34	32	29
	320	73	62	55	51	49	46	44	40	36	34	31
	340	77	66	58	55	52	49	46	42	39	36	33
	360	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	380	86	74	65	61	58	55	52	47	43	40	37
	400	91	78	68	64	61	57	55	50	46	42	39
	420	96	82	72	67	64	60	57	52	48	44	41
	440	100	86	75	71	67	63	60	55	50	46	43
	460	105	90	78	74	70	66	63	57	52	48	45
	480	109	94	82	77	73	69	66	60	55	50	47
	500	114	98	85	80	76	72	68	62	57	53	49
	520	118	101	89	84	79	75	71	65	59	55	51
	540	123	105	92	87	82	78	74	67	61	57	53
	560	127	109	96	90	85	80	76	69	64	59	55
	580	132	113	99	93	88	83	79	72	66	61	57
	600	137	117	102	96	91	86	82	74	68	63	59
	620	141	121	106	100	94	89	85	77	71	65	60
	640	146	125	109	103	97	92	87	79	73	67	62
	660	150	129	113	106	100	95	90	82	75	69	64
	680	155	133	116	109	103	98	93	84	77	71	66
	700	159	137	119	112	106	101	96	87	80	74	68
	720	164	140	123	116	109	103	98	89	82	76	70
	740	168	144	126	119	112	106	101	92	84	78	72
	760	173	148	130	122	115	109	104	94	86	80	74

Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 6 mm²
0,75 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	34	29	26	24	23	22	20	19	17	16	15
	220	38	32	28	26	25	24	23	20	19	17	16
	240	41	35	31	29	27	26	25	22	20	19	18
	260	44	38	33	31	30	28	27	24	22	20	19
	280	48	41	36	34	32	30	29	26	24	22	20
	300	51	44	38	36	34	32	31	28	26	24	22
	320	55	47	41	39	36	34	33	30	27	25	23
	340	58	50	44	41	39	37	35	32	29	27	25
	360	61	53	46	43	41	39	37	34	31	28	26
	380	65	56	49	46	43	41	39	25	32	30	28
	400	68	59	51	48	46	43	41	37	34	32	29
	420	72	61	54	51	48	45	43	39	36	33	31
	440	75	64	56	53	50	47	45	41	38	35	32
	460	78	67	59	55	52	50	47	43	39	36	34
	480	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	500	85	73	64	60	57	54	51	47	43	39	37
	520	89	76	67	63	59	56	53	48	44	41	38
	540	92	79	69	65	61	58	55	50	46	43	39
	560	96	82	72	67	64	60	57	52	48	44	41
	580	99	85	74	70	66	63	59	54	49	46	42
	600	102	88	77	72	68	65	61	56	51	47	44
	620	106	91	79	75	71	67	63	58	53	49	45
	640	109	94	82	77	73	69	66	60	55	50	47
	660	113	97	84	79	75	71	68	61	56	52	48
	680	116	99	87	82	77	73	70	63	58	54	50
	700	119	102	90	84	90	75	72	65	60	55	51
	720	123	105	92	87	82	78	74	67	61	57	53
	740	126	108	95	89	84	80	76	69	63	58	54
	760	130	111	97	92	86	82	78	71	65	60	56

Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 6 mm²
1 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	46	39	34	32	30	29	27	25	23	21	20
	220	50	43	38	35	33	32	30	27	25	23	21
	240	55	47	41	39	36	34	33	30	27	25	23
	260	59	51	44	42	39	37	35	32	30	27	25
	280	64	55	48	45	42	40	38	35	32	29	27
	300	68	59	51	48	46	43	41	37	34	32	29
	320	73	62	55	51	49	46	44	40	36	34	31
	340	77	66	58	55	52	49	46	42	39	36	33
	360	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	380	86	74	65	61	58	55	52	47	43	40	37
	400	91	78	68	64	61	57	55	50	46	42	39
	420	96	82	72	67	64	60	57	52	48	44	41
	440	100	86	75	71	67	63	60	55	50	46	43
	460	105	90	78	74	70	66	63	57	52	48	45
	480	109	94	82	77	73	69	66	60	55	50	47
	500	114	98	85	80	76	72	68	62	57	53	49
	520	118	101	89	84	79	75	71	65	59	55	51
	540	123	105	92	87	82	78	74	67	61	57	53
	560	127	109	96	90	85	80	76	69	64	59	55
	580	132	113	99	93	88	83	79	72	66	61	57
	600	137	117	102	96	91	86	82	74	68	63	59
	620	141	121	106	100	94	89	85	77	71	65	60
	640	146	125	109	103	97	92	87	79	73	67	62
	660	150	129	113	106	100	95	90	82	75	69	64
	680	155	133	116	109	103	98	93	84	77	71	66
	700	159	137	119	112	106	101	96	87	80	74	68
	720	164	140	123	116	109	103	98	89	82	76	70
	740	168	144	126	119	112	106	101	92	84	78	72
	760	173	148	130	122	115	109	104	94	86	80	74

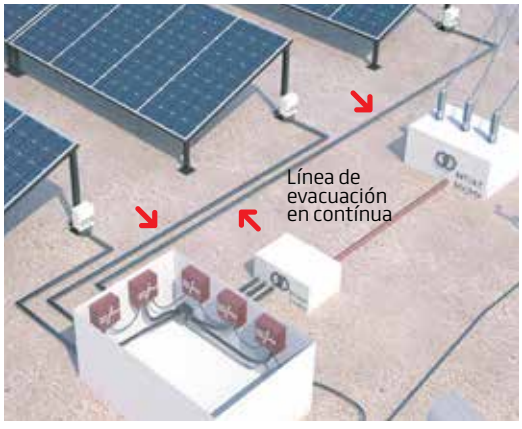
Longitud máxima del cable de string más largo (m)

1 x 6 mm²
1,5 % cdt

		Intensidad de corriente (A)										
		6	7	8	8,5	9	9,5	10	11	12	13	14
Tensión (V)	200	68	59	51	48	46	43	41	37	34	32	29
	220	75	64	56	53	50	47	45	41	38	35	32
	240	82	70	61	58	55	52	49	45	41	38	35
	260	89	76	67	63	59	56	53	48	44	41	38
	280	96	82	72	67	64	60	57	52	48	44	41
	300	102	88	77	72	68	65	61	56	51	47	44
	320	109	94	82	77	73	69	66	60	55	50	47
	340	116	99	87	82	77	73	70	63	58	54	50
	360	123	105	92	87	82	78	74	67	61	57	53
	380	130	111	97	92	86	82	78	71	65	60	56
	400	137	117	102	96	91	86	82	74	68	63	59
	420	143	123	107	101	96	91	86	78	72	66	61
	440	150	129	113	106	100	95	90	82	75	69	64
	460	157	135	118	111	105	99	94	86	78	72	67
	480	164	140	123	116	109	103	98	89	82	76	70
	500	171	146	128	120	114	108	102	93	85	79	73
	520	177	152	133	125	118	112	106	97	89	82	76
	540	184	158	138	130	123	116	111	101	92	85	79
	560	191	164	143	135	127	121	115	104	96	88	82
	580	198	170	148	140	132	125	119	108	99	91	85
	600	205	176	154	145	137	129	123	112	102	95	88
	620	212	181	159	149	141	134	127	115	106	98	91
	640	218	187	164	154	146	138	131	119	109	101	94
	660	225	193	169	159	150	142	135	123	113	104	97
	680	232	199	174	164	155	147	139	127	116	107	99
	700	239	205	179	169	159	151	143	130	119	110	102
	720	246	211	184	173	164	155	147	134	123	113	105
	740	253	216	189	178	168	159	152	138	126	117	108
	760	259	222	195	183	173	164	156	141	130	120	111

2.17.5. Ejemplo de cálculo de línea de evacuación en contínua en parque fotovoltaico

Calcular la sección, caída de tensión y cortocircuito máximo en 0,1 segundos para un circuito de corriente continua (c1) de 224 A que une una "combiner box" (caja combinadora) de un parque fotovoltaico con un inversor y está enterrado directamente (sin tubo) y con otros dos circuitos similares en contacto (c2 y c3).



Datos:

Cable Al Voltalene Flamex CPRO (S)
Longitud: 360 m
Temperatura del terreno: 25 °C
Tensión: 837 V

• Sección por intensidad admisible

Coeficiente de corrección por agrupamiento
(3 circuitos en contacto): 0,65 (tabla B.52.18).*

Coeficiente de corrección por temperatura del terreno
(25 °C): 0,96 (tabla B.52.15).*

De forma sencilla, si dividimos el valor de la intensidad de corriente por los coeficientes de corrección obtenemos un valor de intensidad para obtener en la tabla inicial la sección del conductor a emplear (ver tabla B. 52. 3 de UNE-HD 60364-5-52):

$$224\ A\ /(0{,}65 \times 0{,}96) = 359\ A \text{ sección } 1 \times 300\ mm^2$$

*Las tablas figuran en este catálogo y proceden de UNE-HD 60364-5-52.

Otra forma igualmente válida es tomar el valor de intensidad de tablas y multiplicarla por los coeficientes de corrección hasta obtener un valor de intensidad superior al necesario:

$$343\ A \times 0{,}65 \times 0{,}96 = 214\ A < 224\ A$$
(no vale la sección de 240 mm²)

$$386\ A \times 0{,}65 \times 0{,}96 = 241\ A > 224\ A$$
(la sección de 300 mm² es correcta*)

• Caída de tensión

En la tabla inicial tenemos que la caída de tensión máxima para cable de 300 mm² tipo Al Voltalene Flamex CPRO es 0,200 V/(A·km). Multiplicando este valor por la intensidad en A y la longitud de la línea en km obtenemos la caída de tensión en V.

$$\Delta U = 0{,}200\ V/(A \cdot km) \times 224\ A \times 0{,}36\ km = 16{,}13\ V$$

Porcentualmente:

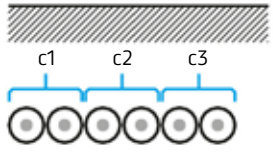
$$\Delta U = 16{,}13/837 \times 100 = 1{,}93\ \%$$

Si pretendemos reducir la caída de tensión debemos aumentar la sección de conductor (o emplear varios conductores por polo).

• Cortocircuito

Para t = 0,1 s vemos que la densidad de corriente máxima es de 297 A/mm² (ver apartado 2.7.):

$$I_{cc} = 297\ A/mm^2 \times 300\ mm^2 = 89{,}1\ kA$$



Prysmian Group

Prysmian
Group

2.18. Recarga de vehículo eléctrico

2.18.1. Cálculo de circuito para punto de recarga en edificio de viviendas

El vehículo eléctrico es una realidad que se va abriendo paso en la sociedad del siglo XXI. La instalación de puntos de recarga en edificios existentes tiene una idiosincrasia que conviene observar con detenimiento. Es algo más que la instalación de un circuito adicional en una vivienda.

Pensemos en un residente en edificio de viviendas que va a comprarse un vehículo eléctrico y necesita instalar un punto de recarga en su plaza de garaje comunitaria. En primer lugar recordar que no es necesario el consentimiento expreso de la comunidad para la ejecución de la instalación, pero si la comunicación a la comunidad por parte del interesado según recoge la ley 19/2009 en el tercer párrafo de su artículo 3º que modifica la ley de propiedad horizontal 49/1960:

Si se tratara de instalar en el aparcamiento del edificio un punto de recarga de vehículos eléctricos para uso privado, siempre que éste se ubicara en una plaza individual de garaje, sólo se requerirá la comunicación previa a la comunidad de que se procederá a su instalación. El coste de dicha instalación será asumido íntegramente por el o los interesados directos en la misma.

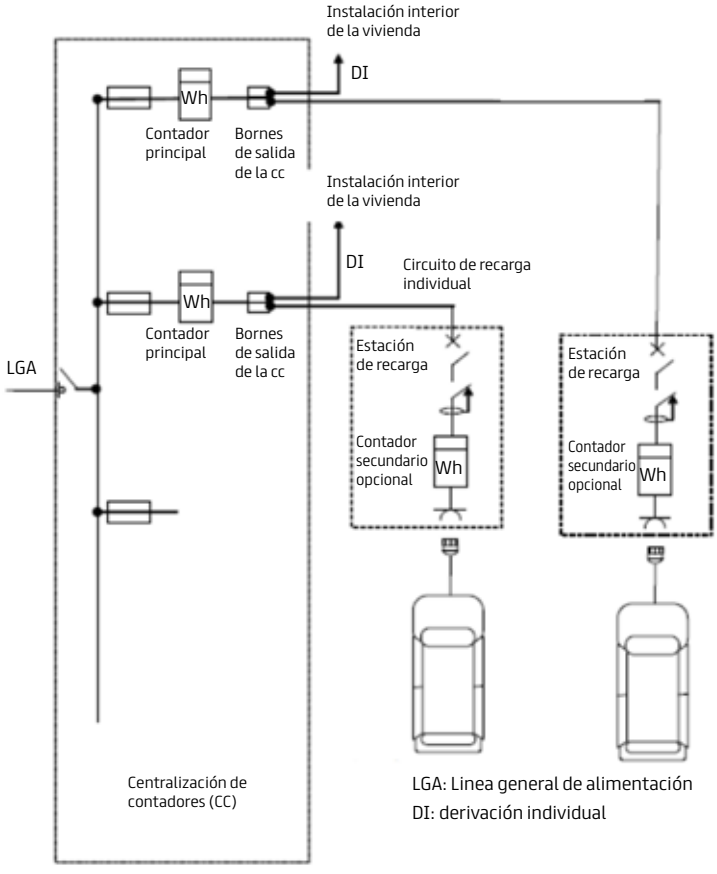
Esta comunicación puede y debería llevar implícita la invitación a la instalación de sistemas de conducción de cables comunes en previsión de eventuales puntos de recarga para otros vecinos al objeto de evitar una acumulación de circuitos independientes con canalizaciones individuales.

El presente ejemplo básico desarrollará un punto de recarga de 16 A (230 V x 16 A = 3680 W) por lo que no precisará elaboración de proyecto, con memoria técnica será suficiente.

Dentro de los esquemas propuestos en la ITC-BT 52 elegimos el número 2 (instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga).

Es un esquema práctico y sencillo dado que el circuito de recarga se inicia directamente en los bornes de salida del contador al igual que la derivación individual que alimenta el cuadro general de mando y protección de la vivienda.

Esta nueva línea para recarga del vehículo eléctrico es un circuito individual, a pesar de partir del contador no tiene la consideración de derivación individual (de momento) porque así se refleja expresamente en la ITC-BT 52.



LGA: Linea general de alimentación
DI: derivación individual

Nuestro usuario en cuestión no quiere ampliar potencia contratada, tiene 4,6 kW y pretende recargar el vehículo generalmente por la noche, mientras necesita poca potencia en su vivienda. Si se deseara ampliar ya sabemos que los contadores inteligentes incorporan ICP que no es necesario cambiar ya que se regula electrónicamente, ni tampoco añadir uno independiente para el circuito de recarga.

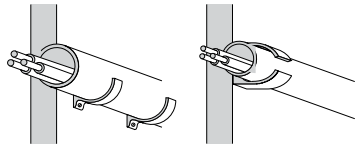
Aunque no se quiera ampliar la potencia contratada si es conveniente cambiar el contrato con la compañía comercializadora de electricidad y elegir una tarifa especial para recarga del vehículo eléctrico, con varios períodos y precios muy reducidos para recarga nocturna (supervalle).

Se instalará un circuito de 3680 W (16 A) con cable de **Afumex Class 750 V (AS)** bajo tubo hasta su plaza de apartamiento con 28 m de longitud. No ha conseguido persuadir a sus vecinos para tender una canal protectora común que permita alojar circuitos de otros vecinos en el futuro y le ayude a compartir costes.

Cable Afumex Class 750 V (AS) con clase de reacción al fuego (CPR) C_{ca}-s1b,d1,a1

Criterio de la intensidad admisible

La instalación será bajo tubo en superficie → sistema de instalación B1 (ver UNE-HD 60364-5-52 o apartado 2.1. de este catálogo).

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1

Si miramos la tabla simplificada C.52.1 bis de UNE-HD 60364-5-52 vemos que para cable termoplástico* como **Afumex Class 750 V (AS)** en tendido monofásico (PVC2) la sección de 1x2,5 mm² puede soportar 20 A. Por tanto, se cumple el criterio de la máxima intensidad admisible con la sección de 2,5 mm².

*En la página 53 podemos encontrar la lista de los cables termoplásticos y termoestables para obtener las intensidades en la tabla de intensidades admisibles mencionada anteriormente que también se incluye en la página 54.

A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)									
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)											
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)		
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)						
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)		
D1/D2*		Ver siguiente tabla																	
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182

Criterio de la caída de tensión

Según recoge el punto 5 de la ITC-BT 52 La caída de tensión máxima admisible en cualquier circuito desde su origen hasta el punto de recarga no será superior al 5 %.

$$\Delta U = 0{,}05 \times 230\ V = 11{,}5\ V$$

$$S = \frac{2P \cdot L}{\Upsilon \cdot \Delta U \cdot U} = \frac{2 \times 3680 \times 28}{48{,}5 \times 11{,}5 \times 230} = 1{,}6\ mm^2$$

(Υ = 48,5 m/(Ω·mm²), conductividad del cobre al 70 °C, caso más desfavorable*)

Vemos que la sección de 2,5 mm² cumple el criterio de la caída de tensión.

*El valor de la conductividad en realidad será siempre algo más alto en nuestro circuito, dado que el cable puede soportar 20 A en las condiciones del tendido (temperatura a la que el conductor alcanza los 70 °C) pero nunca llevará más de 16 A. Se puede calcular la temperatura del conductor y con ello la conductividad, ver ejemplo en este catálogo. Para nuestro caso en el caso en la situación más desfavorable real el conductor estará a 59,2 °C, cuando circulen 16 A, y la conductividad será de 50,26 m/(Ω·mm²). El resultado vemos que igualmente será 2,5 mm².

Criterio del cortocircuito

Según nos recuerda la ITC-BT 52 para el esquema de recarga 2 debemos comprobar que el fusible que protege la derivación individual también protege el circuito de recarga del vehículo eléctrico, en particular el cortocircuito mínimo (en el extremo del circuito objeto de nuestro cálculo).

Supongamos un fusible gG de 50 A protegiendo la derivación individual (aunque pueda parecer un valor exagerado para proteger la derivación individual contra sobrecargas recomendamos al lector ver normas de las empresas suministradoras de electricidad). Sabemos que según UNE-EN 60269-1 (tabla 3. Balizas de los tiempos de prearco) para 5 s de tiempo su intensidad máxima de cortocircuito es de 250 A, es decir, la intensidad para la que aseguramos en funcionamiento del fusible en 5 segundos.

1	2	3	4	5
I_n para "gG" I_{ch} para "gM"[b]	I_{min} (10s)[c]	$I_{máx}$ (5s)	I_{min} (0,1s)	$I_{máx}$ (0,1s)
A	A	A	A	A
16	33	65	85	150
20	42	85	100	200
25	52	110	150	260
32	75	150	200	350
40	95	190	260	450
50	125	250	350	610
63	160	320	450	820
80	215	425	610	1100

Para comprobar que superamos este valor de intensidad de corriente necesitamos los datos de impedancias aguas arriba de nuestro circuito. Invitamos al lector a ver el procedimiento cuando se dispone de los datos necesarios en un ejemplo ya desarrollado en este catálogo.

Vamos a realizar el cálculo con los datos que disponemos para asegurar la sección mínima de conductor a instalar en el circuito que garantiza la protección del circuito.

Recordando la fórmula que nos provee la GUIA-BT-ANEXO 3 sobre cálculo de cortocircuitos del Ministerio y suponiendo que la reducción del 20 % de la tensión de alimentación la tomamos en bornes del fusible en ausencia de más datos sobre las líneas aguas arriba, tendríamos:

$$I_{cc} = \frac{0{,}8\ U}{Z_{máx}}$$

Vamos a considerar solamente la resistencia para simplificar al tratarse de sección pequeña la reactancia influye poco (≈0,08 Ω/km). Estamos haciendo cálculos aproximados al no disponer de más datos de las líneas hasta el transformador.

Utilizamos el valor de resistividad del cobre a 145 °C (valor de temperatura para cálculos de cortocircuito recogido en GUIA-BT 22 y diversas normas).

$$\rho = 0{,}0259\ mm^2 \cdot \Omega/m$$

$$Z \approx R = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0{,}0259 \times 28 \times 2}{2{,}5} = 0{,}58\ \Omega$$

$$I_{ccmin} = \frac{0{,}8 \times 230}{0{,}58} = 317\ A$$

Vemos que superamos el valor de 250 A con la sección de 2,5 mm² y se asegura el funcionamiento del fusible. Ahora comprobaremos si esta sección soportaría el cortocircuito que debemos exigir como mínimo en 5 segundos para que actúe el fusible.

$$I = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{115 \times 2{,}5}{\sqrt{5}} = 129\ A < 250\ A$$

No vale, pues el cortocircuito ha de ser mayor que lo máximo que soporta la sección de 2,5 mm².

k = 115 $A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$ para cable termoplástico de Cu. k coincide con el valor de densidad de cortocircuito (A/mm²) para t = 1 s, podemos encontrarlo en el apartado 2.7, en UNE-HD 60364-4-43 y también obtenerlo de la tabla 17 de la ITC-BT 07 del REBT. Como hemos dicho es cable tipo PVC térmicamente (aislamiento de poliolefinas Z1).

Probamos con la sección de 4 mm²:

$$Z \approx R = \frac{0{,}0259 \times 28 \times 2}{4} = 0{,}3626\ \Omega$$

$$I_{ccmin} = \frac{0{,}8 \times 230}{0{,}3626} = 507\ A$$

Superamos con holgura los 250 A.

Comprobamos si el conductor de 4 mm² podrá soportar el valor de 250 A durante 5 s.

$$I = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{115 \times 4}{\sqrt{5}} = 206\,A < 250\,A$$

Ahora empleamos la sección de 6 mm²:

$$Z \approx R = \frac{0{,}0259 \times 28 \times 2}{6} = 0{,}242\,\Omega$$

$$I_{ccmin} = \frac{0{,}8 \times 230}{0{,}242} = 760\,A$$

Por tanto, por criterios técnicos la sección (fase + neutro + conductor de protección) no debería ser inferior a 6 mm².

Este aumento de sección además de ser resultado de una imposición legal y técnica de seguridad nos ahorrará dinero en la factura al aminorarse las pérdidas térmicas por efecto Joule, de tal manera que para un patrón de carga normal actual o futuro con mayor consumo amortizaremos el incremento de coste del cable por tener que instalar 6 mm² en lugar de 2,5 mm². Invitamos al lector a que realice la comprobación.

Igualmente será una sección holgada por el criterio de la intensidad admisible lo que ayudará cuando otro vecino quiera llevar en paralelo su circuito de recarga puesto que la sección cumplirá la nueva condición de agrupamiento con otro u otros eventuales circuitos.

El cuadro de mando y protección para la recarga del vehículo eléctrico albergará al menos:

- Diferencial de clase A (30 mA)
- Interruptor magnetotérmico (curva C) (16 A en nuestro ejemplo)
- Toma de corriente

Además, habrá que tener en cuenta las medidas de protección contra sobretensiones (ver pto. 6.4 de ITC-BT 52).

La función ICP está ya incorporada en el contador inteligente y como sabemos es rearmable desde la vivienda, si bien precisa de posibilidad de apertura del interruptor magnetotérmico desde la misma.

En el mercado existen también cargadores diseñados que además de incluir todas las protecciones ofrecen al usuario multitud de ventajas adicionales (variación y programación de la intensidad de recarga, varios conectores, cerradura para evitar robos de energía, comunicación y mando vía app, etc.).

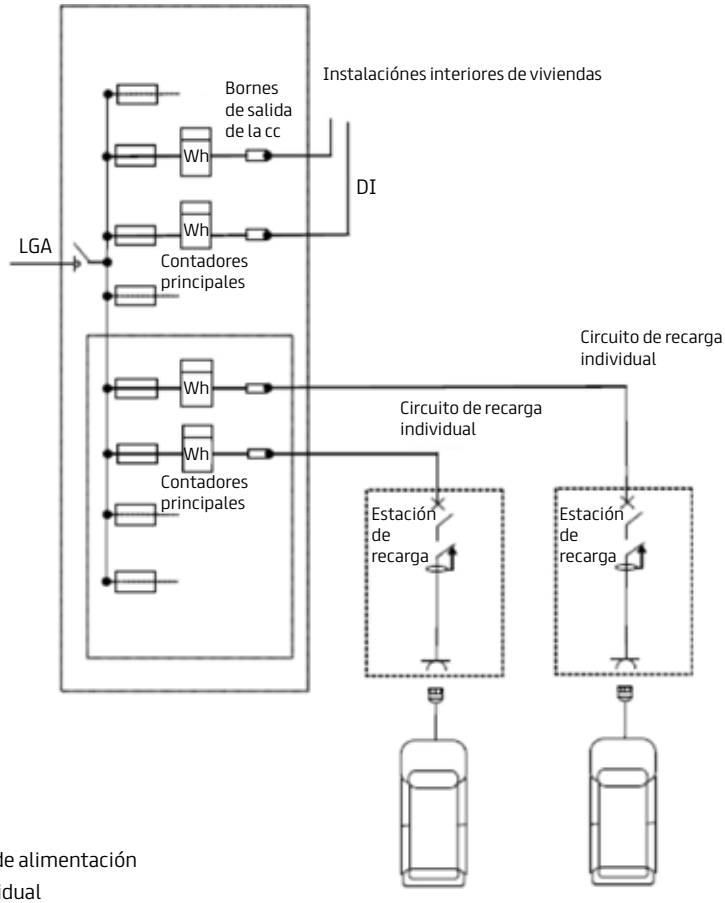
2.18.2. Instalación para recarga de vehículo eléctrico. Cálculos para edificio de nueva construcción

La disposición adicional primera del RD 1053/2014 dice en su punto 1 que en edificios o estacionamientos de nueva construcción deberá incluirse la instalación eléctrica específica para la recarga de los vehículos eléctricos. Desarrollamos a continuación un ejemplo práctico.

En el punto 3.2. de la ITC-BT 52 sobre infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos se contempla la obligación de ejecutar la instalación eléctrica para la recarga en aparcamientos en edificios en régimen de propiedad horizontal y en el apartado a especifica más los elementos mínimos de que debe constar: Instalación de sistemas de conducción de cables desde la centralización de contadores... ...que permitan la alimentación de al menos el 15% de las plazas (las derivaciones desde el sistema de conducción de cables hasta las estaciones de recarga no deben superar 20 m). En la GUIA-BT 52 leemos que dado que el porcentaje citado es un mínimo y en base a la creciente demanda de este tipo de vehículos, sería recomendable realizar la instalación para el 100% de las plazas y posteriormente el código técnico de la edificación ha previsto ya (DB-HE, HE6, pto. 3) sistemas de conducción de cables obligatorios para el 100% de las plazas (RD 450/2022).

Tratándose de un edificio de nueva construcción debemos hacer el cálculo de cargas siguiendo el punto 4 de la ITC-BT 52, que incorpora ya la carga prevista para recarga del vehículo eléctrico a lo que ya figuraba en el punto 3 de la ITC-BT 10. Una vez conocido el valor de potencia y sabiendo que la centralización de contadores admitirá una potencia máxima de 150 kW (ITC-BT 16, pto. 3) sabremos la potencia sobrante para recarga del vehículo eléctrico.

En nuestro ejemplo vamos a acogernos al esquema 3a (ITC-BT 52) con contador principal para cada estación de recarga utilizando la centralización de contadores inicial.



LGA: Linea general de alimentación
DI: derivación individual

En caso de ser superada la potencia, el proyectista debe prever nueva centralización de contadores o acogerse a otro esquema de los propuestos en la ITC-BT 52 que permita realizar la instalación con el módulo de contadores inicial.

Supongamos un edificio de 20 viviendas, 2 locales comerciales de 50 m² y 45 plazas de garaje dispuestas como sigue:

23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	5 m										55 m											
CC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	29	21	22

Para el cálculo de la potencia total la ITC-BT 52 prevé 2 posibilidades: cuando se vaya a instalar un sistema de protección de la línea general de alimentación (SPL) la potencia prevista para la recarga de vehículos eléctricos se multiplica por 0,3.

En nuestro caso no se instalará SPL y la potencia tendrá un factor de simultaneidad igual a 1,0.

En el punto 5.2 disposición final cuarta del RD 1053/2014 leemos que la previsión de cargas para la carga del vehículo eléctrico se calculará multiplicando 3680 W, por el 10 % del total delas plazas de aparcamiento construidas.

45 x 0,1 = 4,5 → mínimo potencia para 5 plazas para recarga de vehículo eléctrico

$$P_{edificio} = P_{viv} + P_{serv\ gen} + P_{loc\ y\ ofi} + P_{garaje} + P_{ve}$$

En la ITC-BT 10, pto. 3.1. encontramos que para 20 viviendas el factor de simultaneidad será 14,8. Si prevemos 5750 W (valor mínimo, ver pto. 2.2. de ITC-BT 10) para cada vivienda...

$$P_{viv} = 14,8 \times 5750\ W = 85\,100\ W$$

Para los servicios generales del portal (ascensor, alumbrado...) supongamos 9000 W

$$P_{ser\ gen} = 9000\ W$$

Para los 2 locales de 50 m², según el punto 3.3. de la ITC-BT 10 debemos prever un mínimo de 100 W por metro cuadrado con un mínimo de 3450 W por local:

$$P_{loc\ y\ ofi} = 2 \times 50\ m^2 \times 100\ W/m^2 = 10\,000\ W$$

Para los garajes, sin contar la recarga de vehículos eléctricos el punto 3.4. de la citada ITC-BT 10 prevé un mínimo de 20 W por metro cuadrado cuando hay ventilación forzada con un mínimo de 3450 W. Si nuestro garaje tiene unos 1015 m²:

$$P_{garaje} = 1015\ m^2 \times 20\ W/m^2 = 20\,300\ W$$

Y para recarga del vehículo eléctrico tenemos:

$$P_{ve} = 5 \times 3680\ W = 18400\ W$$

La potencia prevista para el edificio será la suma de las anteriores:

$$P_{edificio} = 85100 + 9000 + 10000 + 20300 + 18400 = 142\,800\ W < 150\,000\ W$$

Comprobamos que con una centralización de contadores cubrimos las necesidades mínimas. Si bien insistimos en lo importante de prever la posibilidad futura de un 100 % de plazas con instalación de recarga para vehículo eléctrico.

Instalando el sistema de conducción de cables tipo canal protectora para el 100 % de las plazas desde un inicio según nos exige el CTE, llegamos con la conducción a todas las plazas y los vecinos podrán tender sus cables cuando deseen instalarse una estación de recarga en su plaza de garaje. Vamos a pensar en un tendido de canal protectora para las plazas desde la número 1 a la 22 y otra para la plaza 23 hasta 45.

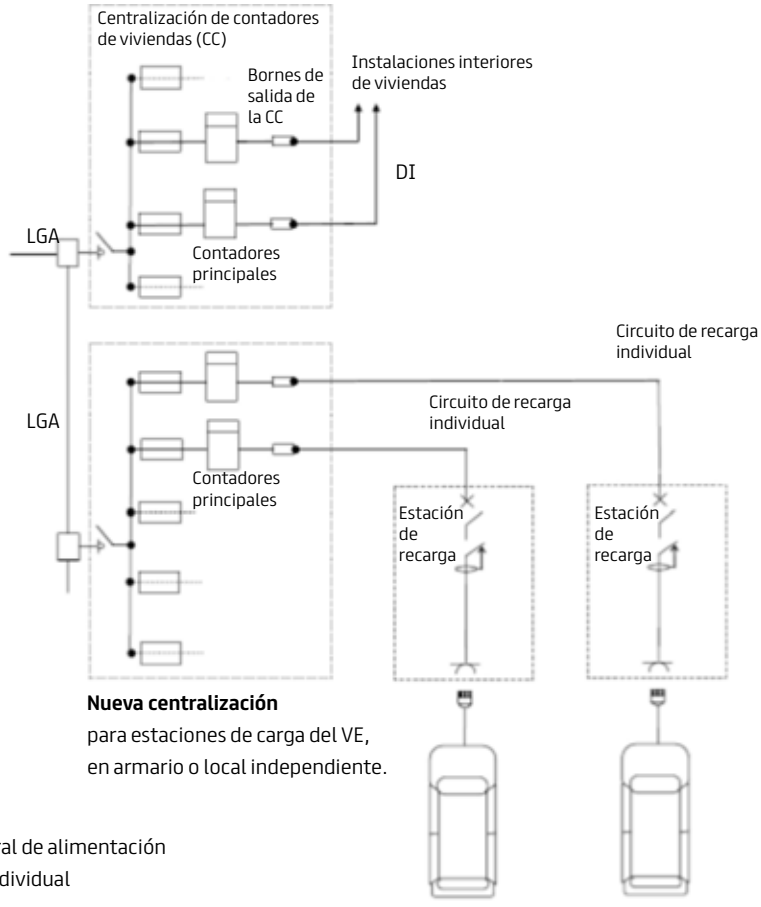
El 10 % de las plazas de aparcamiento es una previsión mínima legal pero conviene reflexionar sobre el impacto del coche eléctrico a medio plazo. Se puede entender que dimensionar para menos del 50 % puede ser aventurado y en breve tener que acometer importantes cambios en la instalación original.

Posteriormente a la publicación de la ITC-BT 52, el RD 542/2020 en su artículo 11 dice lo siguiente:

La preinstalación eléctrica para la recarga de vehículo eléctrico en edificios o conjuntos inmobiliarios facilitará la utilización posterior de cualquiera de los posibles esquemas de instalación. Para ello se preverán los siguientes elementos:

a) Instalación de sistemas de conducción de cables desde la centralización de contadores y por las vías principales del aparcamiento o estacionamiento con objeto de poder alimentar posteriormente las estaciones de recarga que se puedan ubicar en las plazas individuales del aparcamiento o estacionamiento. Cuando la preinstalación esté prevista para el 100% de las plazas (exigencia que posteriormente se ha plasmado en el CTE como ya se ha mencionado) *los sistemas de conducción de cables llegarán hasta cada una de las plazas.*

Retomando nuestro caso, si se decide incluir en proyecto potencia prevista para más del 50 % de las plazas podríamos escoger el esquema 3b con una nueva centralización de contadores de 90 kW (ver pto. 3 de ITC-BT 16) a añadir a la anterior de 150 kW (sin SPL). Como podemos ver en el esquema habría que extender la línea general de alimentación. La ampliación descrita es posible con una misma LGA.



Nueva centralización
para estaciones de carga del VE,
en armario o local independiente.

LGA: Linea general de alimentación
DI: derivación individual

Al ser el total de plazas 45, dimensionamos para 23 plazas.

Lo adecuado ahora sería destinar la nueva centralización únicamente a la recarga de vehículos eléctricos dado que podemos cubrir las necesidades con la potencia admisible en la centralización.

23 x 3680 W = 84 640 W < 90 000 W

Con este diseño cubrimos el 50 % de las plazas.

Teniendo en cuenta que la ITC-BT 52 admite la combinación de esquemas, con la instalación de un SPL (sistema de protección de línea general de alimentación) podremos cubrir el 100 % de las plazas cuando fuera necesario teniendo en cuenta el factor de simultaneidad de las cargas pasa de ser 1 (sin SPL) a 0,3.

45 x 0,3 x 3680 W = 49 680 W < 90 000 W

Tendríamos ahora bastante margen, en las centralizaciones de contadores, para eventuales aumentos de potencia en plazas del aparcamiento u otros usos.

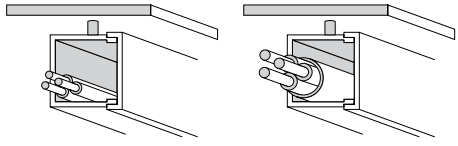
Cálculo de la sección de conductor

1. Criterio de la intensidad admisible

El cable a emplear, al tratarse de una conducción común tipo canal protectora, será **Afumex Class 1000 V (AS)** de alta seguridad con clase de reacción al fuego (CPR) C_{ca}-s1b,d1,a1. Al ser un cable con cubierta siempre tendremos fase, neutro y conductor de protección agrupados. Además al tratarse de cable termoestable soportará más intensidad admisible que si fuera un conductor aislado de 750 V tipo H07Z1-K (AS) o similar.

Cable **Afumex Class 1000 V (AS)** con clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1

Los cables multiconductores en canal protectora suspendida se corresponden con el sistema de instalación tipo B2. Ver UNE-HD 60364-5-52 o apartado 2.1. de este catálogo.

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2

Con este sistema tipo podemos ir a la tabla C.52.1.bis y obtener las intensidades admisibles para el cable y sistema de instalación elegidos.

Al tratarse de cable termoestable (ver lista de cables termoplásticos y termoestables en la página 53 y corriente monofásica (dos conductores cargados) debe llegar por la fila de B2 hasta XLPE 2:

A1			PVC3 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)										
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)												
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)			
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (70 °C)			
D1/D2*		Ver siguiente tabla																		
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)		
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182

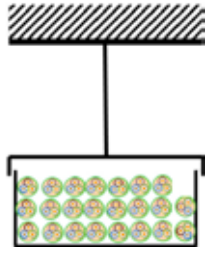
Al prever 3680 W con $\cos\varphi = 1$ tenemos en cada circuito una intensidad de corriente de:

$I = 3680\ W / 230\ V = 16\ A$

Según la tabla con la sección de 1,5 mm² sería suficiente pues soporta 17,5 A. La tabla 1 de la ITC-BT 25 (ver RD 1053/2014) recoge una sección mínima de 2,5 mm² a instalar para el circuito de recarga del vehículo eléctrico.

Pero no olvidemos algo muy importante, tenemos hoy una canal protectora que puede que aloje un solo circuito en inicio, pero está prevista para hasta 23 circuitos (45 – 22 = 23). Por tanto, debo prever un coeficiente de corrección por agrupamiento para el máximo de circuitos posibles en la canalización, ya que de lo contrario acumularé circuitos sin haber tenido en cuenta el sobrecalentamiento que va a producirse. Si además podemos intuir fácilmente que muy posiblemente se pueda dar un uso a máxima potencia de los circuitos en las mismas horas, tenemos una razón de peso para ser correctamente previsores y evitar peligrosos sobrecalentamientos en las líneas.

Por tanto, debemos acudir a la tabla de coeficientes de corrección por agrupamiento (tabla C.52.3 de UNE-HD 60364-5-52 de la siguiente página o la página 57 de este catálogo).



Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores									Instalción tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, en una superficie, empotrades o en el interior de una envolvente	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	**A a F**
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	0,70	0,70	0,70	**C**
3	Capa única fijada al techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	Capa única sobre las bandejas perforadas horizontales o verticales	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	**E y F**
5	Capa única sobre escaleras de cables abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Vemos que aplica la primera columna que recoge los coeficientes de corrección por agrupamiento para cables agrupados en el interior de una envolvente.

Tenemos coeficiente hasta 20 circuitos (0,40). Es decir, apliquemos ese valor para los 23 circuitos que eventualmente se alojarán en la canal protectora lisa de nuestro tendido.

Multiplicando 0,4 por la intensidad de la columna 8b de la tabla de intensidades admisibles, obtendremos el valor máximo de corriente que puede circular por el cable teniendo en cuenta el agrupamiento.

Para 2,5 mm^2 → 0,4 x 24 A = 9,6 A < 16 A

Para 4 mm^2 → 0,4 x 32 A = 12,8 A < 16 A

Para 6 mm^2 → 0,4 x 41 A = 16,4 A > 16 A

La sección de 6 mm^2 satisface el criterio de la intensidad admisible inicial como circuito único y en el futuro con todos los circuitos de recarga en la canalización.

2. Criterio de la caída de tensión

Comprobemos ahora la caída de tensión máxima admisible.

La ITC-BT 52 en su punto 5 refleja una caída máxima de tensión admisible del 5 %. El hecho de que la línea se inicie en un contador no es entendida como una derivación individual en este caso (de momento está prescrito que si lo sea en el borrador del futuro REBT).

0,05 x 230 V = 11,5 V

Al tratarse de sección de conductor pequeña, podemos aplicar la fórmula de cálculo de sección por caída de tensión sin considerar la reactancia.

En el croquis del garaje vemos que la plaza más alejada está a 60 m de la centralización de contadores:

$$S = \frac{2P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U} = \frac{2 \times 3680 \times 60}{48{,}5 \times 11{,}5 \times 230} = 3{,}67\ mm^2$$

La sección normalizada por caída de tensión será por tanto de 4 mm^2.

Como la sección por intensidad admisible es mayor, sabemos que empleando el cable de 6 mm^2 no vamos a superar en ningún caso la máxima caída de tensión y no es necesario calcular la sección por caída de tensión para longitudes menores.

El cable a emplear será **Afumex Class 1000 V (AS)** de 3G6.

Queda pendiente calcular la sección por el criterio del cortocircuito para lo cual es necesario conocer las longitudes y tipos de conductores de las líneas aguas arriba hasta el centro de transformación. El ejemplo anterior puede ser válido para seguir el procedimiento.

En la GUIA ITC-BT 52 que publicó en noviembre de 2017 el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, existen también algunos ejemplos desarrollados sobre la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico. Se trata de razonamientos de casuísticas posibles más que de ejemplos numéricos con cálculos desarrollados. Recomendamos su lectura.

2.18.3. Cálculo de cables de alimentación a una electrolinera de 50 kW

Con el objeto de fomentar la infraestructura para recarga rápida de vehículos eléctricos el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico aprobó en octubre de 2022 la regulación de la instalación de puntos de carga eléctrica en las principales estaciones de servicio de carburantes. En ella se recoge la eventual obligación de instalar electrolineras de 50 kW en estaciones de servicio existentes, así como en las de nueva construcción. En este nuevo escenario subrayar que el Gobierno tiene también previsto allanar los trámites legales para facilitar la instalación de los nuevos puntos de recarga. Abordamos en este artículo el cálculo de los cables para la alimentación eléctrica.

Primeramente, señalar que las instalaciones de recarga en exterior y de potencia superior a 10 kW requieren proyecto, así como las de modo de carga 4 sin límite de potencia (disposición final segunda del RD 1053/2014).

Si el transformador de la gasolinera no tiene potencia suficiente, habrá que ampliarlo, lo que implica de derechos económicos frente a la distribuidora.

Si hay que ampliar el transformador, hay que calcular un nuevo CGMP, con una salida para los 50 kW, y recalcular los poderes de corte de los interruptores de las salidas actuales, a buen seguro sirven los mismos, pero para hacerlo bien, hay que calcular las intensidades de cortocircuito aguas abajo del transformador y comprobarlo.

Supondremos potencia disponible suficiente en el centro de transformación de 160 kVA de la gasolinera para el caso que nos ocupa.

Cálculo de sección por intensidad admisible

Tenemos los siguientes datos de partida:

U = 400 V (trifásica)
Potencia = 50 kW
cos φ = 0,9
L = 45 m

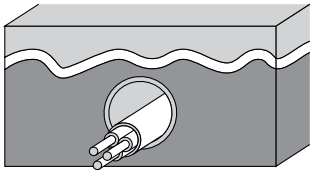
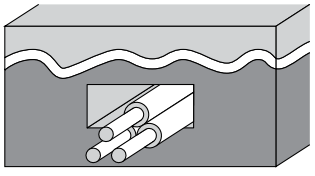
Cable de alimentación tipo **Afumex Class 1000 V (AS)** Tendido bajo tubo y enterrado.

Obtenemos la intensidad de corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{50.000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} = 80\ A$$

Elegimos interruptor automático de 100 A de intensidad nominal y calculamos la sección para tal intensidad de corriente con la norma UNE-HD 60364-5-52.

El sistema de instalación es D1 (tabla A.52.3):

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
70		Cable multiconductor en tubo o en conducto enterrado cerrado de sección no circular.	**D1**
71		Cables unipolares en tubo o en conducto enterrado.	**D1**

Y en la tabla C.52.2.bis podemos ver que la primera sección que supera los 100 A es 35 mm². Hay que entrar por XLPE3 dado que se trata de corriente trifásica y cable termoestable (temperatura máxima de conductor = 90 °C en régimen permanente)

Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

Si el cable estuviera en zona ATEX además hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Descarga de un 15 % (ITC-BT 29, 9.1.) --> I de partida 80/0,85 = 94 A
- Cable de clase C_{ca}-s1b,d1,a1 (Afumex Class (AS))
- Tubo según características ITC-BT 29, 9.3.

Calculo de sección por caída de tensión

La caída de tensión admisible desde transformador de distribución propio es 6,5 % (ITC-BT 19, 2.2.2):

$$\Delta U = 400 \times 6{,}5 / 100 = 26\ V$$

$$S = \frac{P \cdot L}{\Upsilon \cdot \Delta U \cdot U} = \frac{50.000 \times 45}{45{,}5 \times 26 \times 400} = 4{,}75\ mm^2 \rightarrow \mathbf{6\ mm^2}$$

Para secciones pequeñas no es necesario emplear la fórmula de caída de tensión que considera la reactancia.

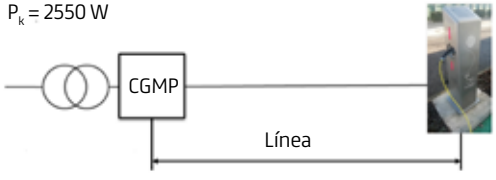
Este cálculo no tiene en cuenta la línea entre el transformador y el cuadro general de mando y protección pero sabiendo que es muy corta (unos metros) y que la sección por caída de tensión es muy baja y alejada del valor mínimo por intensidad admisible (35 mm²), el cálculo es aceptable.

Calculo de sección por cortocircuito

Tenemos los siguientes datos:

u_{cc} (%) = 4,5 %

P_k = 2550 W



Trafo (Sn = 160 kVA)

$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc}$ $Z = R + jX$

• Comprobación del poder de corte

Calculamos el cortocircuito en bornes del transformador. Será similar al cortocircuito en bornes de la protección, suponiendo puentes entre el trafo y el CGMP cortos.

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} \rightarrow$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Sabiendo que:

$$S_{cc} = \frac{100 \cdot S}{u_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{100 \cdot S}{u_{cc} \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{100 \cdot 160}{4{,}5 \times \sqrt{3} \times 400} = 5{,}1\ kA < 70\ kA$$

• Comprobación del cortocircuito mínimo

Necesitamos calcular las impedancias de línea y transformador para poder obtener el cortocircuito mínimo y comprobar que nuestra protección se activa en cualquier caso de cortocircuito.

Para el cálculo de la impedancia (máxima) de línea tomamos la resistencia a 145 ºC (GUIA-BT 22, pto. 1.2)

$$R_{145} = R_{20} \cdot (1+\alpha \cdot (145-20)) = 0{,}554 \times (1+ 0.00393 \times (145-20)) = 0{,}826\ \Omega/km$$

$$R = 0{,}826\ \Omega/km \times 0{,}045\ km = 0{,}037\ \Omega$$

Para el cálculo de la reactancia tomamos 0,08 Ω/km (UNE-HD 60364-5-52, anexo G) (supuestos cables a tresbolillo si se suponen en un mismo nivel el valor sería 0,1 Ω/km)

$$X = 0{,}08\ \Omega/km \times 0{,}045\ km = 0{,}0036\ \Omega$$

La impedancia de línea quedará:

$$Z = R + jX = 0{,}037 + 0{,}0036j$$

Vamos con la impedancia de cortocircuito del transformador:

Hemos visto que la impedancia de cortocircuito en tanto por cierto según la placa de características del transformador es del 4,5 %.

$$u_{cc}\ (\%) = 4{,}5\ \%$$

Aplicando la fórmula que relaciona la caída de tensión porcentual de cortocircuito (u_{cc} (%)) con la impedancia de cortocircuito del transformador (Z_{cc}):

$$Z_{cc} = \frac{u_{cc}(\%) \cdot U^2}{100 \cdot Sn} = \frac{4{,}5 \times 400^2}{100 \times 160.000} = 0{,}045\ \Omega$$

Y para obtener la resistencia de los arrollamientos empleamos P_k potencia de pérdidas por efecto Joule...

$$P_k = 3R_{cc} \cdot In^2$$

$$In = \frac{Sn}{\sqrt{3}Un} = \frac{160.000}{\sqrt{3} \times 400} = 231\ A$$

$$R_{cc} = \frac{P_k}{3In^2} = \frac{2.550}{3 \times 231^2} = 0{,}016\ \Omega$$

Aplicando el teorema de Pitágoras:

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{0{,}045^2 - 0{,}016^2} = 0{,}042\Omega$$

$$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc} = 0{,}016 + 0{,}042j$$

En este caso conocemos la impedancia del transformador y por ello no debemos aplicar el coeficiente 0,8 que recoge la GUIA-BT-ANEXO 3 ya que en el circuito incluimos los valores de impedancia y no estimamos ese 20 % de caída de tensión en bornes del transformador. Aplicaremos el coeficiente 1,1 de la norma IEC 60909 sobre cortocircuitos en sistemas trifásicos:

$$I_{cc} = \frac{1{,}1\ U}{\sqrt{3}\left|\vec{Z}-\vec{Z}_{cc}\right|} = \frac{1{,}1 \times 400}{\sqrt{3} \times \left|0{,}053+0{,}0456j\right|} = 3633\ A$$

Siendo el interruptor automático de curva C, su funcionamiento está asegurado para 10 veces la intensidad nominal del mismo:

$$10 \times 100 = 1000 < 3633\ A$$

Por tanto, con la sección de **35 mm²** (3 fases + neutro) se cumple el criterio también del cortocircuito y es la sección solución.

La línea no precisa de conductor de protección. Para este caso pensaremos en una red de tierra propia para la electrolinera con los componentes necesarios (pica/s, conductores...) que aseguren una adecuada conexión.

Justificación económica del aumento de sección por intensidad admisible

En el cálculo por intensidad admisible nos hemos tomado la licencia de aumentar la sección de los conductores dado que entendemos el sobrecoste inicial de la línea quedará amortizada en breve por reducción de las pérdidas por efecto Joule en la misma. Si observamos la tabla de intensidades admisibles la sección de 25 mm² soporta 96 A > 80 A.

Considerando el coste unitario de los cables Afumex Class 1000 V (AS):

1x25 → 2,05 €/m
1x35 → 2,82 €/m

Tendremos el siguiente montante a amortizar con la factura eléctrica:

4 x 45 m x 2,82 €/m =	507,6 €
4 x 45 m x 2,05 €/m =	369,0 €
	138,6 €

Calculemos ahora la diferencia de pérdidas por efecto Joule considerando una media de 5 horas de funcionamiento al día del cargador a su potencia nominal.

Por supuesto se pueden hacer estimaciones según los criterios de cada proyectista.

$$E_p = 3 \cdot (R_{25} - R_{35}) \cdot I^2 \cdot L \cdot t /1000$$

Donde:

E_p(kWh)
R (Ω/km)
I (A)
L (km)
t (h)

Empleamos valores de resistencia a 70 °C por ejemplo (UNE EN 60228 o página 169). Se trata de un cálculo aproximado y a plena potencia es un valor no lejano a la realidad.

Tomamos un año de tiempo de funcionamiento
(5 x 365 = 1825 h):

$$E_p = 3 \times (0{,}934 - 0{,}663) \times 80^2 \times 0{,}045 \times 1825/1000 = 427{,}31 \text{ kWh}$$

Si suponemos una tarifa de de 0,12 €/kWh podemos calcular el ahorro anual:

$$A = 427{,}31 \text{ kWh/año} \times 0{,}12 \text{ €/kWh} = 51{,}28 \text{ €/año}$$

Ahora podemos conseguir el plazo de amortización de la sección superior:

$$Am = 138{,}6 \text{ €} / 51{,}28 \text{ €/año} = 2{,}7 \text{ años}$$

Vemos que se trata de un plazo muy corto con otras ventajas colaterales:

- Prolongación de la vida útil de la línea al soportar inferior temperatura por ir menos cargada.
- Reducción de emisiones de CO_2* al ahorrar energía por tener menor efecto Joule.
- Reducción de la caída de tensión
- Posibilidad de aumentar la corriente que transporta la línea en un futuro
- Etc.

*Al fabricar un cable de mayor dimensión se emite más CO_2 pero como ya hemos demostrado en otros artículos esas emisiones son muy pequeñas en relación con las que se ahorran por reducción del efecto Joule. Es decir, la amortización ecológica de la sección mayor es muy rápida.

Prysmian Group

2.19. Eficiencia energética

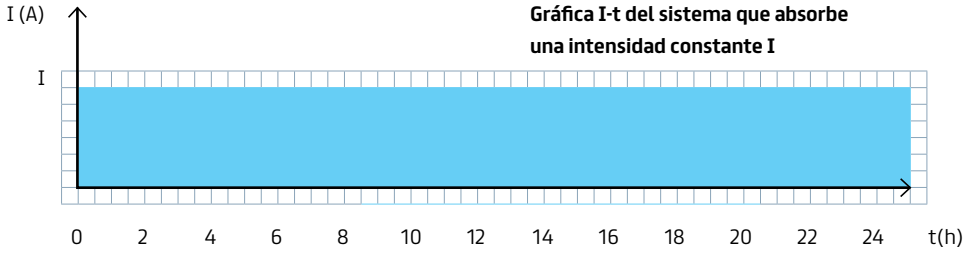
2.19.1. Amortización económica y ecológica de líneas eléctricas. Energía consumida por el sistema y energía perdida en las líneas

Tras los cálculos económicos y ecológicos generalizados para el caso de las derivaciones individuales en viviendas procedemos a obtener las expresiones correspondientes al caso de instalaciones con mayor carga media como podría ser una industria.

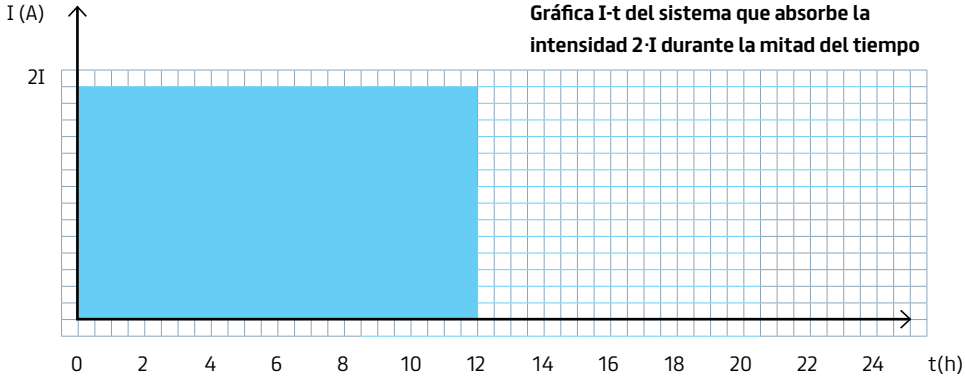
A. Modelos de consumo y pérdidas en las líneas.

Un inciso para mostrar de forma gráfica y numérica como un sistema puede registrar la misma potencia consumida en los receptores y sin embargo ser mucho más altas sus pérdidas en las líneas.

Supongamos un sistema trifásico que funciona con una intensidad constante I durante las 24 horas del día y el mismo sistema en el que hemos concentrado el consumo en la mitad del día y por tanto funciona al doble de intensidad (2·I) durante la mitad del tiempo.



Gráfica I-t del sistema que absorbe una intensidad constante I



Gráfica I-t del sistema que absorbe la intensidad 2·I durante la mitad del tiempo

Vamos a definir como intensidad media de consumo ($\bar{I}_E$) aquella tal que si fuera constante en el tiempo produciría el mismo consumo.

$$E = U \cdot \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot t_i = U \cdot \bar{I}_E \cdot t$$

Donde:

E: energía consumida en la vivienda en el tiempo t (Wh).
U: tensión nominal (230 V).
I_i: Intensidad de corriente en el intervalo de tiempo i.
t_i: Intervalo de tiempo i (h).

Es fácil comprobar que los receptores de ambos sistemas consumen la misma energía:

$$E = \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \sum_{i=1}^{n} I_i \cdot t_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \bar{I}_E \cdot t$$

Para ambos casos está claro que a lo largo del tiempo es igual a I y tenemos:

$$\bar{I}_E = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i \cdot t_i}{t} = \frac{24 \cdot I}{24} = \frac{12 \cdot 2 \cdot I}{24} = I$$

$$E_I = E_{2I} = \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot I \cdot t$$

Veamos que ocurre con las pérdidas en la línea de suministro. Calculamos la intensidad de valor constante para las pérdidas en el caso de intensidad constante I, cuya expresión es el valor cuadrático medio (valor eficaz) (I'R) dado que en la fórmula de las pérdidas por efecto Joule la intensidad es cuadrática.

I'_R es, por tanto, el valor de la intensidad que debería pasar contínuamente por la línea para que se produjeran las mismas pérdidas en el tiempo t que con el patrón de consumo que proceda con intensidades Ii cada intervalo de tiempo ti. Al fin y al cabo la utilización de valores eficaces en corriente alterna es debido a esto.

$$I'_{RI} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} I_i^2 \cdot t_i}{t}} = \sqrt{\frac{I^2 \cdot t}{t}} = I$$

$$E_{PI} = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

Y para el caso de 12 horas diarias con intensidad de corriente 2·I:

$$I'_{R2I_12\,h} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} I_i^2 \cdot t_i}{t}} = \sqrt{\frac{(2 \cdot I)^2 \cdot t/2}{t}} = \frac{2 \cdot I^2 \cdot t}{t} = \sqrt{2} \cdot I$$

$$E_{P2I_12\,h} = 3 \cdot R \cdot (\sqrt{2} \cdot I)^2 \cdot t = 6 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

Vemos que la energía perdida es el doble por ese efecto del cuadrado de la intensidad en el cálculo de las pérdidas térmicas:

$$E_{P2I_12\,h} = 2 \cdot E_{PI}$$

Idénticos resultados se obtienen para sistemas monofásicos. Dejamos al lector la comprobación.

La consecuencia de esta demostración es evidenciar que **se ahorra energía secuenciando los consumos en lo posible**. Con este ahorro de energía se produce un ahorro económico (considerando la tarifa aplicable en cada horario) y se ahorran emisiones de CO_2 al aminorar la energía generada.

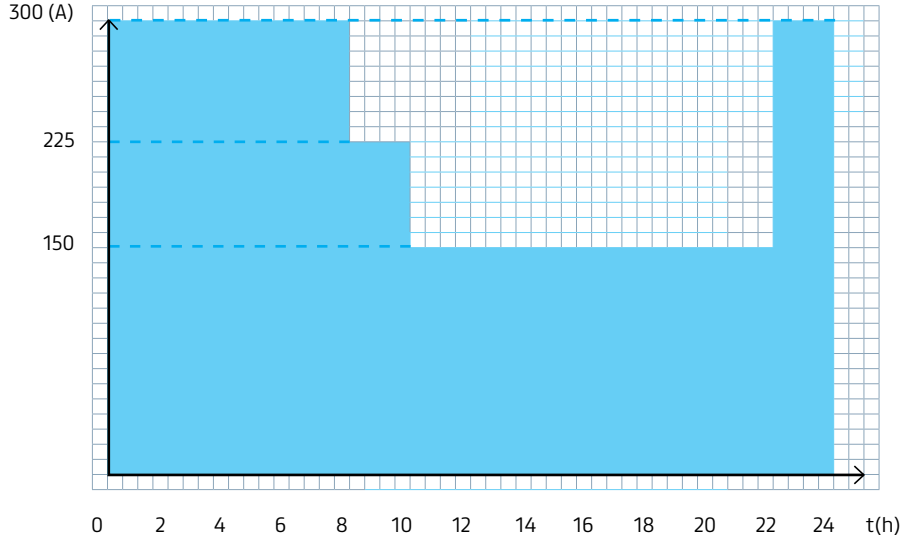
Vemos que cuanto más se parece I'_R a $\bar{I}_E$ mejor secuenciado está el consumo. De tal forma que se puede valorar como mejor secuenciación cuanto más se aproxime a 1 el cociente $I'_R/\bar{I}_E$.

NOTA: es cierto que con la gráfica de intensidad constante I se puede emplear una sección menor de conductor que con la de intensidad 2·I durante 12 horas dada la menor solicitación térmica permanente. Esto conlleva ahorro en el cable pero aumenta las pérdidas. No obstante en este caso se pretendió mostrar por qué es positivo secuenciar los consumos en lo posible en una instalación.

B. Ejemplo de aplicación

Cálculo de la energía perdida en una línea.

Como aplicación de lo expuesto anteriormente podemos estudiar el caso particular y el general de una línea eléctrica de una industria cuyo patrón de consumo pueda ser el siguiente.



Vamos a suponer que este consumo sólo se produce de lunes a viernes durante todo el año estando desconectada la instalación los fines de semana.

Los datos particulares de la línea son los siguientes:

- Instalación en bandeja perforada
- Cables **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** (RZ1-K (AS)) de 0,6/1 kV. 3 fases de 1x150 + neutro de 1x150 y conductor de protección de 1x95.
- Longitud, L = 110 m
- cosφ = 0,9
- Tensión de línea, U = 400 V

La energía consumida por la instalación que alimenta la línea en cuestión al tratarse de un sistema trifásico será:

$$E = \sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi \cdot \sum_{i=1}^{4} I_i \cdot t_i = \sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi \cdot \bar{I}_E \cdot t$$

Donde $\bar{I}_E$ recordemos es la intensidad media de la línea de tal forma que si sustituimos los valores de intensidad real por este valor constante, el consumo es el mismo (*ver apartados anteriores*).

Y la energía perdida en la línea tomara la siguiente expresión:

$$E_p = 3 \cdot R \cdot \sum_{i=1}^{4} I_i \cdot t_i = 3 \cdot R \cdot I'_R \cdot t$$

I'R sabemos que es el valor ficticio de intensidad que se puede pensar recorre constantemente la línea ocasionando las mismas pérdidas resistivas (valor eficaz).

Calculamos los valores de $\bar{I}_E$ e I'_R (considerando lógicamente el ciclo completo que dura en este caso una semana por desconectar la instalación los fines de semana mientras que de lunes a viernes la evolución intensidad de corriente es según muestra la gráfica):

$$\bar{I}_E = \frac{\sum_{i=1}^{4} I_i \cdot t_i}{t} = \frac{5\text{ x }(300\text{x}8 + 225\text{x}2 + 150\text{x}12 + 300\text{x}2)}{7\text{ x }24} = 156{,}25\,A$$

$$I'_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} I_i^2 \cdot t_i}{t}} = \sqrt{\frac{5\text{ x }(300^2\text{x}8 + 225^2\text{x}2 + 150^2\text{x}12 + 300^2\text{x}2)}{7\text{ x }24}} = 194{,}5\,A$$

Por tanto, según lo explicado podemos decir que con carácter general para un modelo de consumo como el de la gráfica expuesta:

$$I'_R = 1{,}245 \cdot \bar{I}_E$$

Calculemos a modo particular la energía consumida por la instalación al año, teniendo en cuenta que la instalación está activa 260 días por estar desconectada sábados y domingos:

$$E_{año} = \sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi \cdot \bar{I}_E \cdot t = \sqrt{3}\text{ x }400\text{ x }0{,}9\text{ x }156{,}25\text{ x }365\text{ x }24 = 853443000\text{ Wh} = 853443\text{ kWh}$$

Las pérdidas anuales por efecto Joule en la línea se calcularan tomando el valor de resistencia del conductor de fase, que es el que produce las pérdidas térmicas en líneas sin carga de armónicos, de cobre flexible de 150 mm² a 70 °C que puede ser un valor de temperatura de conductor aproximado (0,157 Ω/km) aunque como cable termoestable ya sabemos que el valor máximo que puede alcanzar es de 90 °C:

$$E_{Paño} = 3 \cdot R \cdot I'_R \cdot t = 3\text{ x }0{,}157\text{ x }0{,}11\text{ x }194{,}52\text{ x }365\text{ x }24 = 17169471\text{ Wh} \approx 17169\text{ kWh}$$

Podemos también calcular una fórmula para cálculo general de la energía perdida en la línea para cualquier caso donde el patrón de consumo sea igual o proporcional al dado en este ejemplo:

$$\frac{E_p}{E} = \frac{3 \cdot R \cdot I'_R \cdot t}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \bar{I}_E \cdot cos\varphi \cdot t} = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I'^2_R}{U \cdot \bar{I}_E \cdot cos\varphi} = \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot (1{,}245 \cdot \bar{I}_E)^2}{400 \cdot \bar{I}_E \cdot cos\varphi} = \frac{2{,}685 \cdot \bar{I}_E \cdot R}{400 \cdot cos\varphi}$$

Como $I_E = \frac{E}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot t}$

(de la expresión inicial de la energía E, consumida en la instalación alimentada por la línea). Despejando además EP en la fórmula anterior:

$$E_P = \frac{2{,}856 \cdot \frac{E}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot t} \cdot R}{400 \cdot \cos\varphi} \cdot E = \frac{R \cdot E^2}{103210 \cdot \cos^2\varphi \cdot t}$$

Donde R es la resistencia de la línea, E la energía consumida en Wh y t el tiempo en horas.

Si queremos particularizar la fórmula para que el resultado sea en kWh e introduciendo E en kWh también, acotando a un año:

$$E_{Paño} = \frac{R \cdot E^2_{año} \cdot 10^3}{103210 \cdot \cos^2\varphi \cdot t} \cdot 7{,}68 \times 10^{-3} = \frac{R \cdot E^2_{año}}{\cos^2\varphi \cdot 24 \cdot 365} = 1{,}106 \times 10^{-6} \cdot \frac{R \cdot E^2_{año}}{\cos^2\varphi}$$

$$E_{Paño} = 1{,}106 \times 10^{-6} \cdot \frac{R \cdot E^2_{año}}{\cos^2\varphi}$$

Dónde:

$E_{Paño}$: energía perdida anualmente en la línea [kWh].

$E_{año}$: energía consumida en la instalación que alimenta la línea [kWh].

R: resistencia de la línea [Ω].

NOTA: el suministro debe responder a la evolución del consumo expuesto en la gráfica inicial o ser proporcional. Para otros casos seguir el mismo razonamiento.

Comprobamos que el resultado aplicando la fórmula concuerda con el obtenido para nuestro caso:

$$E_{Paño} = 1{,}106 \times 10^{-6} \cdot \frac{R \cdot E^2_{año}}{\cos^2\varphi} = 1{,}106 \times 10^{-6} \times \frac{0{,}11 \times 0{,}157 \times 853443^2}{0{,}9^2} = 17169 \text{ kWh}$$

C. Amortización económica

Calculemos el plazo de amortización económica del incremente de sección de la línea pasando de 4 conductores (3 fases + neutro) de 1x150 mm² y uno de 1x95 mm² (protección) AFUMEX CLASS 1000 V (AS) a 4 conductores de 1x185 mm² y uno de 1x95 mm² que corresponderían a la sección inmediata superior normalizada para la red (en este caso el conductor de protección no varía ya que la sección 95 sigue siendo el valor normalizado inmediato superior a la mitad de las fases).

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)

1x95 → 7577 €/km
1x150 → 12074 €/km (0,157 Ω/km)
1x185 → 14637 €/km (0,248 Ω/km)

El plazo de amortización económica se producirá cuando se compense con el ahorro en factura el sobrecoste de instalar cables de sección 185 en lugar de 150.

Para ello dividimos el coste del incremento de sección por el coste de la diferencia de energía perdida durante un año con la sección S (150 mm²) menos la perdida con la sección S+1 (185 mm²).

Suponemos para nuestro caso una tarifa industrial media de 0,10 €/kWh.

$$E_{Paño\,S+1} = 1{,}106 \times 10^{-6} \cdot \frac{R_{S+1} \cdot E^2_{año}}{\cos^2\varphi} = 1{,}106 \times 10^{-6} \times \frac{0{,}11 \times 0{,}157 \times 853443^2}{0{,}9^2} = 14222 \text{ kWh}$$

$$T_{amort \cdot econ} = \frac{C_{S+1} \cdot C_S}{10 \cdot (E_{PañoS} - E_{PañoS+1})} = \frac{0{,}11 \times [(4 \times 14637 + 1 \times 7577) - (4 \times 12074 + 1 \times 7577)]}{0{,}10 \times (17169 - 14222)} = 3{,}83 \text{ años}$$

Un tiempo realmente corto que nos lleva a pensar que debemos pensar en al menos incrementar la sección de 150 a 185 mm².

Obtengamos la expresión general empleando valores unitarios de coste y resistencia para que la fórmula no dependa de la longitud L:

$$T_{amort\cdot econ} = \frac{C_{S+1}\cdot C_S}{0{,}10\cdot (E_{PañoS} - E_{PañoS+1})} = \frac{L\cdot (C_{S+1unit} - C_{Sunit})}{0{,}10 \times 1{,}106 \times 10^{-6}\ \frac{E^2_{año}\cdot L\cdot (R_{Sunit} - R_{S+1unit})}{\cos^2\varphi}} = 3{,}83 \text{ años}$$

$$E_{amort\cdot econ} = 9{,}04 \times 10^6 \cdot \frac{(C_{S+1unit} - C_{Sunit})\cdot \cos^2\varphi}{E^2_{año}\cdot L\cdot (R_{Sunit} - R_{S+1unit})}$$

Dónde:

$T_{amort-econ}$: plazo de amortización económica del incremento de sección (años).
C_{Sunit}: coste por km del cable [AFUMEX CLASS 1000 V (AS)] de sección S (€/km).
$C_{S+1unit}$: coste por km del cable [AFUMEX CLASS 1000 V (AS)] de sección normalizada inmediata superior a S (€/km).
R_{Sunit}: resistencia por km de la sección S (Ω/km).
$R_{S+1unit}$: resistencia por km de la sección normalizada inmediata superior a S (Ω/km).
$E_{año}$: energía consumida por la instalación en un año (kWh).

NOTA: S+1 puede ser sustituido por S+n cuando en lugar de la sección normalizada inmediata superior a S se quiera calcular para la sección normalizada que resulta de n incrementos al alza.

NOTA 2:el suministro debe responder a la evolución del consumo expuesto en la gráfica inicial o ser proporcional. Para otros casos seguir el mismo razonamiento.

Aplicamos a nuestro ejemplo y comprobamos:

$$T_{amort\cdot econ} = 0{,}04 \times 10^6 \times \frac{[(4 \times 14637 + 1 \times 7577) - (4 \times 12074 + 1 \times 7577)] \times 0{,}9^2}{851105_2\cdot (0{,}157 - 0{,}130)} = 3{,}8 \text{ años}$$

D. Amortización ecológica

Amortizaremos ecológicamente el cable cuando con la energía ahorrada por emplear una sección superior compensemos las emisiones excedidas por fabricar esa sección superior.

La Asociación de Fabricantes de Conductores Eléctricos y Fibra Óptica (FACEL), tiene publicada una tabla de valores estimados de emisiones de CO_2 por 0,25 kg de cable fabricado (ver tabla en la página siguiente).

La tabla recoge que para cables de cobre LSOH (Low Smoke Zero Halogen) como el **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** [RZ1-K (AS)] las emisiones por kg fabricado ascienden a 6,449 kg CO_2/kg cable (incluído transporte). Con lo que conociendo el exceso de peso por emplear fases y neutro de 1x185 en lugar de 1x150 podemos saber el CO_2 arrojado a la atmósfera en exceso.

Por otro lado como sabemos el ahorro de energía perdida en la línea por la reducción de resistencia eléctrica al incrementar la sección (150 • 185), aplicando el dato de 0,25 kg CO_2/kWh generado (dato aproximado según el mix español) tendremos también el ahorro de CO_2 para comparar con el exceso explicado en el párrafo anterior y saber en cuanto tiempo habremos compensado las emisiones producidas en exceso en la fabricación.

Tipología de cable	Detalle emisión (kgCO2 /kg conductor)
	Total proceso fabricación del cable
Cables de energía hasta 750 V de cobre (LSOH)	6,352
Cables de energía hasta 750 V de cobre (no LSOH)	6,353
Cables de energía hasta 1000 V de cobre (LSOH)	6,379
Cables de energía hasta 1000 V de cobre (no LSOH)	6,380
Resto de cables de energía y/o cables especiales	6,437
Cables de energía baja tensión de aluminio	14,087
Cables de energía media tensión de aluminio	14,144
Cables de telecomunicaciones (fibra óptica)	0,274
Cables de telecomunicaciones (metálicos)	0,286
Hilos esmaltados	6,539

En todo caso, las emisiones por tipo de cable correspondientes al transporte del producto final, serían de 0,07 kgCO_2 / kg conductor.

Por otro lado como sabemos el ahorro de energía perdida en la línea por la reducción de resistencia eléctrica al incrementar la sección (150 • 185), aplicando el dato de 0,25 kg CO_2/kWh generado (dato aproximado según el mix español) tendremos también el ahorro de CO_2 para comparar con el exceso explicado en el párrafo anterior y saber en cuanto tiempo habremos compensado las emisiones producidas en exceso en la fabricación.

$$T_{amort \cdot econ} = \frac{6,449 \cdot (P_{S+1} - P_S)}{0,25\ (E_{PañoS} - E_{PañoS+1})}$$

$$T_{amort \cdot econ} = \frac{6,449\ kg\ CO_2 / kg\ cable \times 0,11\ km \times 1544\ kg\ cable/km}{0,25\ kg\ CO_2 \times (17169 - 14222)\ kWh} = 1,49\ años$$

La amortización ecológica vuelve a ser corta y anterior a la económica. En menos de un año hemos compensado las emisiones. Lo que es otro pun to a favor del incremento de sección en la instalación.

Operamos para obtener el caso general para una instalación cuyo patrón de consumo sea el expuesto o proporcional.

$$T_{amort\cdot ecol} = \frac{6{,}449\cdot(P_{S+1}-P_S)}{0{,}25\cdot(E_{PañoS}-E_{PañoS+1})} = \frac{6{,}449\cdot L\cdot(P_{S+1unit}-P_{Sunit})}{0{,}25\times 1{,}106\times 10^{-6}=\dfrac{E^2_{año}\cdot L\cdot(R_{Sunit}-R_{S+1unit})}{\cos^2\varphi}}$$

$$E_{amort\cdot ecol} = 2{,}332\times 10^{6}\cdot\frac{(C_{S+1unit}-C_{Sunit})\cdot\cos^2\varphi}{E^2_{año}\cdot L\cdot(R_{Sunit}-R_{S+1unit})}$$

Dónde:

$\mathbf{T_{amort-ecol}}$: plazo de amortización ecológica del incremento de sección (años).

$\mathbf{P_{Sunit}}$: peso por km del cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) [RZ1-K (AS)] de sección S (€/km).

$\mathbf{P_{S+1unit}}$: peso por km del cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) [RZ1-K (AS)] de sección normalizada inmediata superior a S (€/km).

$\mathbf{R_{Sunit}}$: resistencia de la sección S (Ω/km).

$\mathbf{R_{S+1unit}}$:resistencia de la sección normalizada inmediata superior a S (Ω/km).

$\mathbf{E_{año}}$: energía consumida en un año (kWh).

NOTA: S+1 puede ser sustituido por S+n cuando en lugar de la sección normalizada inmediata superior a S se quiera calcular para la sección normalizada que resulta de n incrementos al alza.

NOTA 2: el suministro debe responder a la evolución del consumo expuesto en la gráfica inicial o ser proporcional. Para otros casos seguir el mismo razonamiento.

Aplicamos a nuestro ejemplo y comprobamos:

$$E_{amort\cdot ecol} = 2{,}332\times 10^{7}\cdot\frac{(1544)\cdot 0{,}9^2}{853443^2\cdot(0{,}157-0{,}130)} \approx 1{,}49 \text{ años}$$

E. Conclusiones

Vemos que sabiendo el modelo de consumo aproximado se pueden obtener fórmulas para cálculo rápido de amortizaciones y de pérdidas de energía y, así, demostrar numéricamente el interés por la elección de secciones superiores a las obtenidas por criterios técnicos (calentamiento, caída de tensión y cortocircuito).

Recordamos una vez más que los incrementos de sección en general además de ahorros económicos y de emisiones contaminantes tienen algunas ventajas añadidas como reducir la caída de tensión, prolongar la vida útil de la línea, permitir incrementos de potencia futuros, mejora de respuesta a fenómenos transitorios...

Vemos que cuanto más se parece I'_R (intensidad eficaz de valor constante a efectos de pérdidas por efecto Joule en la línea) a $\bar{I}_E$ (intensidad media ficticia de valor constante a efectos de consumo) mejor secuenciado está el consumo, lo que reduce las pérdidas energéticas en las líneas. De tal forma que se puede hablar de un **factor de secuenciación** ($FS = I'_R/\bar{I}_E$) mayor o igual a la unidad que será mejor cuanto más se aproxime a 1.

La decisión de instalar secciones superiores a las que resultan de criterios técnicos desde el punto de vista económico no es algo nuevo, lo que es más actual es poder justificar ecológicamente la subida de sección para la línea por ahorro de emisiones de CO_2. La valoración del impacto ambiental es algo que va imponiéndose día a día en la redacción de proyectos. Por otro lado la amortización económica de cables de mayor sección cobra peso en un escenario de tarifas eléctricas desenganchadas del IPC. No estamos pues en una situación igual que hace años. Invitamos a la reflexión.

2.19.2. Ejemplo de cálculo de sección económica y "amortización ecologica"

Ahora que ya existen cifras publicadas sobre las emisiones de CO_2 por kg de cable fabricado podemos cuantificar la importante reducción de las mismas por instalar secciones de cable superiores a las obtenidas por criterios técnicos al reducirse las pérdidas resistivas en los conductores. En la mayoría de los casos esto lleva aparejado un importante ahorro económico. Lo explicamos con un ejemplo.

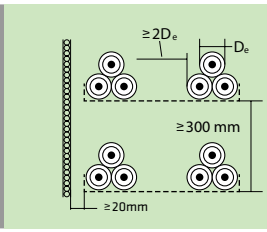
1. Sección técnica

Realizamos inicialmente el cálculo de la sección por los criterios técnicos de la máxima intensidad admisible y la máxima caída de tensión.

Datos de la instalación

P = 130 kW
U = 400 V (trifásica)
cos φ = 0,9
L = 175 m
ΔU = 5 % (caida de tensión admitida en %).
Instalación en bandeja perforada.
Temperatura ambiente = 40 °C

Circuito acompañado de otro similar en su bandeja a 2 veces el diámetro aparente de la terna de cables activos y en agrupación de 3 bandejas • coeficiente de corrección por agrupamiento 0,92. (*Ver tabla B.52.21 de UNE-HD 60364-5-52 o en el apartado 2.1. de este catálogo*).

Sistemas de bandejas perforadas (Nota 3)	31		1	1,00	0,98	0,96
			2	0,97	0,93	0,89
			3	0,96	0,92	0,86

Cable utilizado: **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** unipolar (cable de cobre termoestable, máxima temperatura en el conductor 90 °C).

Cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** unipolar.

Sección por caída de tensión

Suponemos la conductividad más desfavorable para el cobre [a 90 °C → γ = 45,5 m/(Ω·mm²)] y si nos dominara este criterio, podríamos calcular la temperatura del conductor para saber si podemos utilizar una sección inferior.
Calculamos la intensidad que va a circular por la línea:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{130000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,9} \approx 208\ A$$

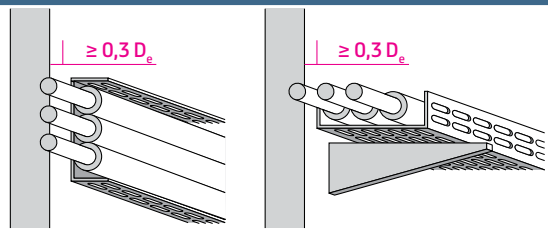
El valor de la sección por caída de tensión en una instalación trifásica con influencia de la reactancia (S_{Cu}>35 mm²; S_{Al}>70 mm²) se obtiene según la siguiente expresión (*ver apartado 2.6.*):

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot (\Delta U - 1,732 \cdot 10\text{-}3 \cdot x/n \cdot L \cdot I \cdot \text{sen}\,\varphi)} = \frac{\sqrt{3} \times 175 \times 208 \times 0,9}{45,5 \times (20\text{-}1,732 \times 10\text{-}3 \times 0,08/1 \times 175 \times 208 \times 0,436)} = 70\ mm^2 \rightarrow 70\ mm^2$$

2. Sección por intensidad admisible

Inicialmente tenemos que ver a que sistema de instalación tipo corresponde la bandeja perforada con cables unipolares.

En la página 43 de este catálogo se puede encontrar la correspondencia entre el sistema de instalación de cables unipolares en bandeja perforada y el método tipo.

Ref.	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas de cables perforadas.	E o F

Tenemos una intensidad de 208 A en una instalación trifásica en bandeja con cable **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** que es termoestable y por tanto soporta 90 °C en el conductor y se debe buscar en la tabla de intensidades admisibles de la UNE-HD 60364-5-52 como XLPE3 la primera intensidad que supera la corriente de nuestra línea para el método tipo F.

En la columna 11 de la tabla de intensidades admisibles (F + XLPE3) vemos que el primer valor que supera los 208 A es 243, el correspondiente a la sección de 70 mm² pero este valor debe ser afectado del coeficiente de corrección por agrupamiento 0,92 por lo que la máxima intensidad admisible para conductores **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de 1x70 en el tendido será de 243 A x 0,92 = 224 A (redondeando bajo el mismo criterio empleado en la norma UNE-HD 60364-5-52).

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento																				
A1			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)										
A2			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)												
B1					PVC3 (70 °C)		PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)				
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)		PVC2 (90 °C)								
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			PVC2 (90 °C)			
D*		Ver siguiente tabla																		
E									PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)		
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)	

	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
	300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713

Tabla de intensidades admisibles para instalaciones al aire. UNE-HD 60364-5-52.

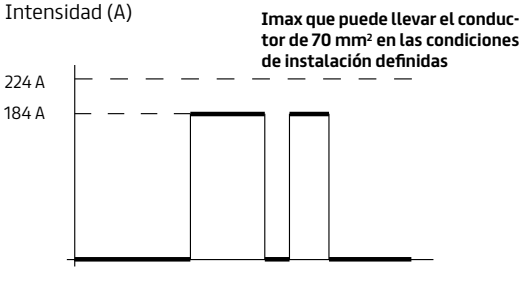
Vemos por tanto que 70 mm² es la sección por el criterio de la intensidad admisible y que coincide con el valor de la sección por caída de tensión, por tanto trabajaremos con este valor de sección técnica mínima suponiendo que satisface también las exigencias de cortocircuito.

Si no seguimos haciendo cálculos podríamos utilizar 3 cables unipolares de 1x70 mm² AFUMEX CLASS 1000 V (AS) para las fases, un cable del mismo tipo de 1x70 mm² para el neutro (misma sección que las fases según el último párrafo del punto 2.2.2 de la ITC-BT 19) y 1x35 para el conductor de protección. Como los cables de 0,6/1 kV no tienen asignadas diferentes coloraciones en sus aislamientos, ni en sus cubiertas conviene que su función (fase, neutro o protección) sea identificada adecuadamente con algún señalizador, argolla, etiqueta, etc. según recomienda la GUÍA-BT 19 en su apartado 2.2.4.

Sección económica y ecológica

Partiendo de la sección técnica vamos a ver cuanto nos podemos ahorrar si aumentamos la sección teniendo en cuenta que gastaremos más dinero en el cable pero ahorraremos en pérdidas resistivas.

Consideremos que aproximadamente nuestra línea es recorrida por los siguientes valores de intensidad en función de la hora de cada día laborable, entendidos como laborables 228 días/año y el resto (137 días) no laborables (vacaciones, fines de semana y fiestas).



Es decir, la línea es recorrida por una intensidad aprox. de unos 184 A (~ 115 kW, algo menos del valor máximo previsto en el cálculo inicial) de 8 a 13 horas y de 15 a 18 horas los días laborables y el resto del tiempo está desconectada. Por tanto, cada año tenemos un periodo de actividad aproximado de...

8 horas/día laborable x 228 días laborables/año
= 1824 horas/año

La energía perdida en la resistencia eléctrica en una línea trifásica (siendo optimistas y suponiendo el neutro totalmente descargado) respondería a la siguiente expresión:

$$Ep = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot t \cdot L \cdot 1/1000 \ [kW \cdot h]$$

Siendo:
R: resistencia de la línea en W/km
I: intensidad que recorre la línea en A
t: tiempo en h
L: longitud de la línea en km

Por tanto, sabiendo la resistencia de la línea para cada sección concreta tendremos los valores de energía perdida en la línea para cada sección.

Como sabemos la resistencia de un conductor depende de su temperatura, con lo que calculando la temperatura del conductor podremos saber su resistencia real en cada caso y así cuantificar las pérdidas con más exactitud.

NOTA: se puede simplificar el cálculo tomando valores de resistencia a 20 °C (UNE-EN 60228), los resultados serán menos exactos pero pueden valer para hacerse una idea inicial más rápida, toda vez que el resultado real será más favorable al ser la resistencia real superior a la tabulada a 20 °C.

Sabemos que la temperatura de un conductor recorrido por una corriente I se puede obtener con la siguiente expresión:

$$T = T_{amb} + (T_{max} - T_{amb}) \ (I/I_{max})^2$$

Donde:
T_{amb}: temperatura ambiente de la instalación (40 °C en nuestro caso).
$T_{máx}$: temperatura máxima que puede soportar el conductor [90 °C para el cable AFUMEX CLASS 1000 V (AS) de nuestro ejemplo].
I: intensidad que recorre el conductor (184 A durante 8 horas cada día laborable).
$I_{máx}$: intensidad máxima que puede recorrer el conductor en las condiciones de la instalación (224 A)

Sustituyendo:

$$T_{70 \text{ a } 184 \text{ A}} = 40 + (90 - 40) \ (184/224)^2 = 73{,}73 \ ^\circ C$$

Una vez que hemos calculado la temperatura, podemos obtener la resistencia del cable...

$$R_T = R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

Donde:
R_T: valor de la resistencia del conductor en Ω/km a la temperatura T.
R_{20}: valor de la resistencia del conductor a 20 °C (valor típicamente tabulado). Al cable de 70 mm² de aluminio corresponde una resistencia de 0,272 Ω/km (UNE-EN 60228).
α: coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C-1 (0,00392 para Cu y 0,00403 para Al).
T: temperatura real del conductor (°C).

$R_{70\,a\,73{,}73}\,^{\circ}C = 0{,}272 \times [1 + 0{,}00392 \times (73{,}73 - 20)] = 0{,}329\ \Omega/km$

Por tanto la energía perdida en un año en la línea será de:

$$E_{P70} = 3 \times 0{,}329 \times 184^2 \times 0{,}175 \times 1824/1000 = 10666\ kW{\cdot}h$$

Y el coste de la energía suponiendo una tarifa aproximada de 0,12 €/kW·h

$$C_{P70} = 10660\ kW{\cdot}h \times 0{,}12\ €/kW{\cdot}h = 1279{,}2\ €$$

Y en unos 25 años de vida útil mínima que pudiéramos estimar:

$$C_{P70},\ 25\ años = 31980\ €$$

Procedemos análogamente con el resto de secciones superiores hasta 240 (95, 120, 150, 185 y 240). Teniendo en cuenta que para calcular la temperatura del conductor en estos casos la I max. será respectivamente: 274, 322, 369, 423 y 501 A (*ver columna 11 de la tabla de intensidades admisibles*) y multiplicar los valores por el coeficiente de corrección por agrupamiento 0,92.

Operando, obtendremos los datos resumidos en la siguiente tabla:

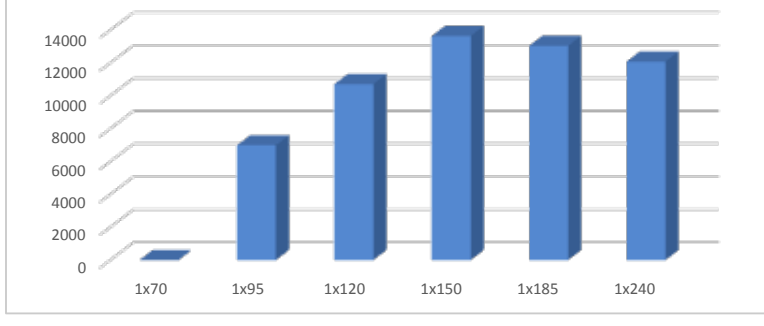
Sección	Coste aprox.	R a 20 °C (UNE EN 60228)	R con I = 184 A	T conductor con I = 184 A	Peso cable	Coste aprox. línea (3) fases+ neutro*+ protección)	Δcoste cable respecto a 70 mm²	Pérdidas resistivas (25 años)	Coste de las pérdidas resistivas (25 años)	Ahorro eléctrico respecto sección 70 mm² (25 años)	Diferencia entre el ahorro eléctrico e Δcoste cable respecto a 70 mm²	Amortización económica	CO_2 emitido por fabricación del cable de la línea	CO_2 emitido por pérdidas resistivas (25 años) respecto a 70 mm²	Reducción emisiones CO_2 respecto a sección 70 mm² (25 años)	Amortización ecológica
mm²	€/m	Ω/km	Ω/km	°C	kg/km	€	€	kW·h	€	€	€	años	kg	kg	kg	años
1x35	3,3	0,554	--	--	421	--	--	--	--	--	--	--	--	--		--
1x50	4,7	0,386	--	--	579	--	--	--	--	--	--	--	--	--		--
1x70	6,7	0,272	0,329	73,73	780	5267	0	266650	31998	0	0	--	3953	0	0	--
1x95	8,6	0,206	0,241	63,05	995	6842	1575	195325	23439	8559	6984	4,60	5089	-17831	16695	0,71
1x120	10,7	0,161	0,184	57,17	1240	8662	3395	149125	17895	14103	10708	6,02	6408	-29381	26926	1,54
1x150	13,3	0,129	0,146	52,85	1529	10815	5548	106750	12810	19188	13640	7,23	7938	-39975	35990	2,49
1x185	16,0	0,106	0,118	49,82	1826	12705	7438	95975	11517	20481	13043	9,08	9264	-42669	37357	3,32
1x240	21,0	0,0801	0,0886	47,05	2383	16572	11305	71800	8616	23382	12077	12,09	12025	-48713	40640	5,05

***Neutro igual sección que las fases y conductor de protección, sección mitad.**

NOTA: tanto la tarifa eléctrica como los precios de cable están sujetos a oscilaciones.

C. Ahorro

Como vemos la sección económica (150 mm²) nos reportaría 13640 € dado que esta es la diferencia entre el ahorro eléctrico y el incremento de coste del cable respecto a la sección de 70 mm². (19188 - 5548 = 13640 €).



El plazo de amortización la sección económica sería:

19188 € / 25 años = 767,52 €/año
5548 € / 767,52 €/año = 7,23 años

Es decir a los 7,23 años hemos pagado el incremento de precio del cable de sección 150 mm² respecto a 70 mm² con el ahorro de energía eléctrica no perdida. A partir de ese momento el saldo empieza a ser positivo y comenzamos el ahorro que llegará a ser de 13640 € al cabo de los 25 años estimados aproximadamente de vida de la línea.

Las pérdidas resistivas con la sección de 240 mm² son lógicamente menores pero al amortizarse más tarde el incremento de sección, hay menos tiempo para saldo positivo y por ello el resultado económico sería de 12077 € a favor. Eso si, el ahorro ecológico es superior toda vez que es prácticamente insignificante la comparación entre las emisiones por fabricar el cable y las emisiones por ahorro del "peaje" resistivo en la línea.

La Asociación Española de Fabricantes de Cables y Conductores Eléctricos y de Fibra Óptica (FACEL) publicó una tabla con los valores de emisiones de CO_2 por kg de cable fabricado. Para cables de energía de baja tensión con conductor/es de cobre de alta seguridad (AS) cuantifica en 6,379* kg de CO_2 emitidos por kg de cable fabricado.

Con los datos de que disponemos ya podemos poner números a las emisiones por fabricación del cable y por pérdidas resistivas. El valor estimado actual de emisiones en generación se sitúa en torno a 0,25 kg CO_2/kW·h eléctrico, teniendo en cuenta el mix nacional.

Con las operaciones realizadas y los datos tabulados tenemos la energía que perderíamos en la línea con cable de 70 mm² y con la sección económica de 150 mm².

E_{P70} = 10666 kW·h/año → en 25 años: 266650 kW·h

E_{P150} = 4270 kW·h/año → en 25 años: 106750 kW·h

Y la diferencia será la energía eléctrica que ahorramos:

$E_{PA} = E_{P185} - E_{P70}$ = 266650 - 106750 = 159900 kW·h

Y por tanto las emisiones de CO_2 ahorradas con la sección económica quedarían en...

Emisiones CO_2 = 159900 kW·h x 0,25 kg CO_2/kW·h =
= **39975 kg CO_2**

Ahora comparemos con las emisiones por fabricación de cable más pesado (150 mm² frente a 70 mm² en las fases y neutro y sección mitad en el conductor de protección).

Peso con fases de 70 → 4 x 0,175 km x 780 kg/km + 0,175 km x 421 kg/km = 620 kg cable
Peso con fases de 150 → 4 x 0,175 km x 1529 kg/km + 0,175 km x 995 kg/km = 1244 kg cable

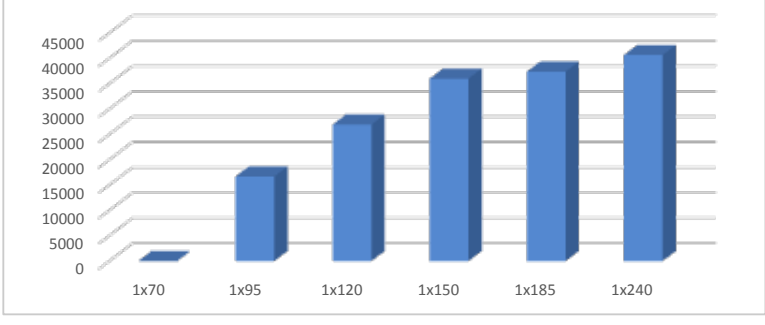
ΔPeso cable = 1244 - 620 = 624 kg cable

Por lo que las emisiones por fabricación de 624 kg más de cable para satisfacer la sección económica de 150 mm² serán:

Emisiones CO_2 = 624 kg cable x 6,379 kg CO_2/kg cable = **3980 kg CO_2**

¡10 veces menos emisiones! por utilizar la sección económica (150 mm²) y no la sección técnica (70 mm²). Por lo que la sección económica se revela como un aliado del medio ambiente por las importantes reducciones de emisiones que hemos podido valorar.

D. Reducción emisiones CO_2 (kg) 25 años



Reducción total a los 25 años de emisiones de CO_2 respecto a la utilización de la sección mínima por criterios técnicos (70 mm²).

Vamos a ver cuando amortizaríamos ecológicamente el paso de la sección de 70 a 150 mm^2:

3980 kg CO_2 / 39975 kg CO_2 x 25 años x 365 días/año = 909 días

La **"amortización ecológica"** se produce por tanto en **sólo unos 2,5 años**. Es decir, en 2,5 años habremos ahorrado tantas emisiones de CO2 como las que nos hemos gastado de más por la fabricación del cable de la sección económica 150 mm^2 frente a la sección técnica de 70 mm^2. No obstante, podemos ver en la tabla de resultados que incluso sólo un salto de sección, pasando a 95 mm^2, conlleva un ahorro económico y una importante reducción del impacto ambiental.

Expresando el "ahorro ecológico" en otras unidades de uso frecuente y más directamente perceptibles podemos traducir en árboles el CO_2 que ahorramos al medio ambiente. Algunas fuentes cifran en 20 kg de CO_2 la retención neta media por árbol cada año, igualmente hay datos aproximados de emisiones en torno a 0,121 kg de CO_2/km estimados producidos por coches.

Sabemos que el paso de sección de 70 a 150 mm^2 reduce el consumo energético en la línea de 10666 kWh/año a 4270 kWh/año y operando obtenemos el número de árboles que habría que plantar para conseguir el mismo ahorro de CO_2:

[(10666 - 4270 kWh/año) x 0,25 kg CO_2/kWh] / 20 kg CO_2/árbol año = 80 árboles

3980 kg CO_2/25 años = 159,2 kg CO_2/año → 159,2/20 = 8 árboles
80 - 8 = 72 árboles

E igualmente podemos comprobar a cuantos km de coche anuales equivaldría la emisión de CO_2 por utilizar la sección de 70 en lugar de 150 mm^2:

[((10666 - 4270 kWh) x 0,25 kg CO_2/kWh) - 3980 / 25 kg CO_2] / 0,121 kg CO_2/km = 11899 km → y en 25 años 297475 km
(lo que emitirían aproximadamente casi 2 coches a lo largo de su vida útil,
suponiendo una vida media de 10 años por coche y 15000 km/año).

En el ejemplo desarrollado no se han considerado los posibles incrementos de coste de componentes ajenos al cable como conectores, tendido, bandeja, protecciones... como tampoco se ha considerado el retorno al cabo de los 25 años del interesante valor residual chatarra) de la mayor cantidad de cobre utilizada en los cables de sección económica 150 frente a 70 mm^2. El peso de cobre incrementado es de 680 kg.

Igualmente hay que considerar que el nivel medio de carga de la línea es bajo al estar todos los días no laborables desconectada y funcionando sólo 1/3 del tiempo de los días laborables. Con niveles de carga superior, los resultados obviamente habrían sido más favorables todavía (más ahorro económico y ecológico).

Se ha supuesto tarifa constante en 25 años, sin actualizar el valor de los futuros ingresos (en forma de ahorro). Implícitamente, por tanto, se ha estimado que la tarifa eléctrica fuera a aumentar según el tipo de interés oficial.
Se simplificaría mucho el cálculo considerando desde el inicio las resistencias a 90 °C, ahorrándonos los cálculos de resistencia de conductor a la temperatura a la que realmente está. Los valores a 90 ° C se pueden tomar de las tablas del apartado 2.14.13. Los resultados sufrirán variaciones respecto al cálculo desarrollado en este ejemplo pero servirán para tener un orden de magnitud.

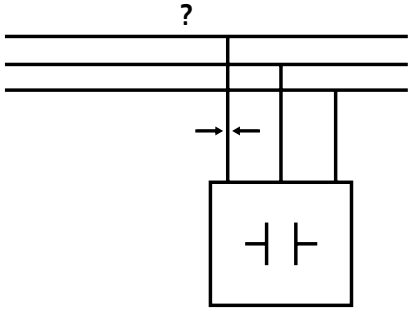
Con la sección económica nos hemos ahorrado no sólo bastante dinero sino muchas emisiones al medio ambiente y además conseguimos otros beneficios como:

- Mayor vida útil de la línea al ir más descargada.
- Mejor respuesta a fenómenos transitorios.
- Posibilidad de ampliación de potencia sin cambiar el cable.
- Menor caída de tensión.
- ...

Le proponemos que tenga en cuenta la sección económica y el ahorro ecológico en los estudios de líneas que realice, su economía y el medio ambiente se lo agradecerán.

2.19.3. Ejemplo de cálculo de sección de los conductores de alimentación a una batería de condensadores

La corrección del factor de potencia con baterías de condensadores es una forma de mejorar la eficiencia energética de una instalación porque reducimos la intensidad eficaz al elevar el cos φ. Esto trae aparejado el ahorro en la factura por la reducción de la intensidad y también por reducir la energía reactiva inductiva.La idiosincrasia de estos receptores aconseja tener en cuenta varios factores a la hora de dimensionar las secciones de los conductores que los alimentan.



A diferencia de la gran mayoría de aparatos eléctricos los condensadores de compensación de Energía Reactiva, ER, una vez que están conectados a una red de alimentación de nivel de tensión eficaz apreciablemente constante, funcionan a plena carga de forma permanente.

Las baterías de compensación de la ER pueden instalarse de forma centralizada, descentralizada o mixta. En este artículo nos ceñiremos a los sistemas de corrección del factor de potencia, suministrados en forma de conjuntos equipados completos, para instalar sin ninguna modificación en un punto concreto de la red de distribución interior del usuario interesado en tal mejora del mencionado factor de potencia.

Dejamos a un lado, por lo tanto, el cálculo del cableado interior de dichos cuadros, cuyos criterios se detallan en el ANEXO A de la Norma UNE-EN 61439-1 (IEC 61439-1), para centrarnos en la canalización eléctrica que une el citado cuadro con el punto en el que se va a inyectar la compensación.

Como no se trata de diseñar la canalización sino simplemente de calcular su sección, partimos de la base de que todas las partes de diseño están ya realizadas y solamente resta realizar el cálculo bajo los tres puntos de vista, o hipótesis habituales:

- Equilibrio térmico en régimen permanente, o 1ª hipótesis (intensidad máxima admisible).
- Caída de tensión máxima en el extremo de la canalización, o 2ª hipótesis.
- Temperatura máxima de aislante después de la inter vención de las protecciones tiempo-independiente, o 3ª hipótesis (intensidad máxima de cortocircuito admisible).

Es bien conocido que el peso relativo de estas hipótesis, es decir la sección resultante obtenida por la aplicación de los criterios de cálculo bajo cada uno de los puntos de vista, es variable. En el caso que nos ocupa es bastante evidente que tanto la segunda como la tercera son, en la práctica totalidad de los casos de canalizaciones eléctricas a baterías de condensadores, irrelevantes.

En el caso del cálculo por 3ª hipótesis, por ejemplo, la razón es que el tiempo corte total de la corriente de cortocircuito es del orden de los 10 ms, debido a la gran rapidez de actuación de las protecciones en baja tensión, que asegura el corte de la intensidad de la corriente en su primer paso por cero.

En el caso del cálculo por caída de tensión, o 2ª hipótesis, porque en la práctica totalidad de los casos la batería de condensadores está situada en las inmediaciones del Cuadro General de BT, o por lo menos de un gran cuadro secundario, unidas a las barras generales por una canalización eléctrica que muy raramente superará los 15 m.

Si a esto añadimos que el efecto que la instalación de una batería de condensadores provoca es realmente una elevación de la tensión y no una caída, llegaremos a la conclusión antes enunciada.

Esta elevación de tensión se recoge en el punto 5.3.5 de la Norma UNE-EN 61921, con la redacción siguiente:

a) Los condensadores en paralelo pueden causar un incremento de la tensión desde la fuente al punto donde están colocados *(véase el anexo D)****; este incremento de tensión puede ser mayor debido a la presencia de armónicos.***

En el punto 3 del citado Anexo D, se recoge la expresión para el cálculo práctico de la elevación de tensión en régimen permanente:

$$\frac{\Delta U}{U} \approx \frac{Q}{S}$$

En la que:
ΔU: es el incremento de la tensión en voltios (V).
U: es la tensión antes de la conexión del condensador (V).
Q: es la potencia de la batería de condensadores, en MVAr para hacer la expresión coherente.
S: es la potencia de cortocircuito en el punto donde se conecta la batería de condensadores, en MVA.

La misma expresión figura en la norma IEC 60871-1, para el cálculo del incremento de tensión que supone la conexión de una batería de condensadores en alta tensión, en la forma siguiente:

$$\Delta U\% = \frac{Q_{bat}}{S_{cc}}$$

En la que:
ΔU: es el incremento de la tensión en tanto por ciento;
$\mathbf{Q_{bat}}$: es la potencia de la batería de condensadores,
$\mathbf{S_{cc}}$: es la potencia de cortocircuito en el punto donde se introduce la batería de condensadores.

Para el cálculo, por primera hipótesis, hemos de tener en cuenta en primer lugar que el comportamiento como carga de los condensadores difiere ligeramente de otros tipos de cargas. En general los fabricantes de condensadores indican que la intensidad de la corriente para la cual debe dimensionarse la canalización eléctrica de la batería de condensadores, de 3L+PE, será de 1,4 a 1,5 veces la corriente asignada de la misma. La explicación es que la norma UNE 60831 establece que los condensadores deben soportar una sobrecarga de 1,3 veces la asignada. Además, el punto 7.3 de la misma norma establece las tolerancias de capacidad siguientes:

- *-5% a +10% para los condensadores unitarios y las baterías hasta 100 kVAr.*
- *-5% a +5% para los condensadores unitarios y las baterías superiores a 100 kVAr.*

Por lo que la sobrecarga conjunta máxima sería 1,3 · 1,10 = 1,43, en el primer caso, baterías hasta 100 kVAr, y 1,3 · 1,05 = 1,365 para las mayores de 100 kVAr.

Algunos fabricantes aconsejan aplicar un coeficiente de 1,5, por mayor seguridad. Probablemente se prentende englobar en este coeficiente la minoración de la capacidad de carga provocada por el incremento del efecto pelicular debido a la presencia de armónicos.

Recordemos que el efecto pelicular crece con el cuadrado de la frecuencia, por lo que los armónicos producen el efecto de una reducción de la sección efectiva. La norma UNE 21144-1-1 (IEC 60287-1-1) en su apartado 2 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS, indica que la resistencia de un conductor por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, se calcula aplicando:

$$R = R' (1 + \lambda_s + \lambda_p)$$

En la que:
R: es la resistencia del conductor con corriente alterna a la máxima temperatura de servicio, (Ω/m).
R': es la resistencia del conductor con corriente continua a la máxima temperatura de servicio, (Ω/m).
λ_s: es el factor de efecto pelicular.
λ_p: es el factor de efecto proximidad.

La norma citada dedica los dos puntos siguientes al cálculo de estos factores de efecto pelicular, λ_s, y de proximidad, λ_p, cálculo prolijo y complejo que, en resumen, puede llegar a añadir por ambos efectos hasta un 56% más a la resistencia. Dado que la relación entre resistencia y capacidad de carga, a igualdad del resto de factores, es cuadrática inversa, esta capacidad podría llegar a disminuir hasta un 25%, aunque la Guía técnica de aplicación del REBT en su Anexo 2, en un alarde de optimismo, evalúa este efecto en solamente un 2%.

Resumiendo: en caso de fuertes secciones y altas tasas de distorsión armónica, THD, podríamos llegar a un factor, por el cual multiplicar la intensidad asignada de la batería de condensadores de:

$$1,3 \cdot 1,05 \cdot 1,25 = 1,7$$

En el caso contrario, secciones pequeñas y pequeñas tasas de distorsión armónica, el factor a aplicar podría ser de:

$$1,3 \cdot 1,10 \cdot 1,02 \approx 1,5$$

Finalmente para el dimensionado del conductor de protección PE, nos remitimos a lo indicado en UNE-HD 60364-5-52

Ejemplo

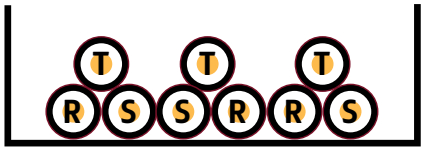
Tensión de línea: U = 690 V

Potencia de la batería de condensadores: Q = 720 kVAr
Se puede aproximar que la intensidad es puramente capacitiva y que el módulo de I que circula por el cable se obtendrá por tanto:

$$I = Q/(\sqrt{3}U) = 720\,000/(\sqrt{3}x690) = 602\ A$$

Aplicamos el coeficiente 1,7 en ausencia de datos más concretos y dado que se trata de una batería de potencia superior a 100 kVAr.

$$I' = 1{,}7 \times 602\ A = 1023\ A$$



Esquema de colocación de las fases.

El coeficiente de corrección por agrupamiento de las 3 ternas en contacto es 0,8 (tabla C.52.3, fila 4 de UNE- HD 60364-5-52 y en este catálogo...)

Verificamos que los cables soportarán la intensidad necesaria I'.

$$3 \times 460 \times 0{,}8 = 1104\ A > 1023\ A$$

Instalamos 3 cables **AFUMEX CLASS 1000 V (AS)** de cobre de 1x185 aen bandeja perforada en contacto (ordenando adecuadamente las fases de cada terna, (ver dibujo). Su intensidad admisible es de 460 A en condiciones estándar (UNE-HD 60364-5-52) pero tenemos que considerar el efecto de la agrupación por tratarse de 3 ternas de cables que aun formando parte del mismo circuito se están influyendo térmicamente.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS)

2.19.4. Sección económica. Cálculo de la amortización de todas las secciones de Afumex Class 1000 V (AS) en todos los casos. Hoja Excel de cálculo automático.

Ya sabemos que subir las secciones de conductor es una decisión rentable y ecológica. Esta vez vamos un paso más allá demostrándolo para todas las secciones de stock del cable Afumex Class 1000 V (AS) a "todos" los valores de intensidad admisible. Así con una sola tabla se puede saber de forma rápida el plazo de amortización del desembolso por emplear el cable de la sección inmediata superior. Le invitamos a que vea los números y se sorprenda.

El mensaje no es nuevo, los incrementos de sección respecto a los obtenidos técnicamente son un buen negocio. Sin tener en cuenta la evolución alcista de las tarifas eléctricas sabemos que recortar la energía perdida en forma de calor en las líneas es muy rentable desde hace tiempo y esto es especialmente significativo en secciones pequeñas.

Sabemos que George Simon Ohm demostró en el siglo XIX que resistencia de un conductor responde a la siguiente expresión:

$$R = \rho \cdot L/S$$

Dónde:

ρ: resistividad del conductor (Ω·mm²/m)
L: longitud de la línea (m)
S: sección del conductor (mm²)

La resistividad del cobre (ρ) a 70 °C es de 0,02062931 Ω·mm²/m

La energía perdida por efecto Joule en una línea responde a la expresión:

$$Ep = n \cdot L \cdot R \cdot I^2 \cdot t/1000$$

Ep: energía perdida por efecto Joule (kWh)
n: número de conductores cargados (2 monofásica o continua y 3 trifásica)
L: longitud de la línea (m)
R: resistencia del conductor (Ω/m)
I: intensidad de corriente (A)
t: tiempo (h)
Para un tiempo de un año (8760 h) y una longitud de 1 m de cable y resistividad a 70 °C tendremos que:

$$Ep = n \cdot \rho \cdot L \cdot I^2 \cdot t/(1000 \cdot S) = 0{,}1807 \times n \cdot I^2/S$$

El coste de la energía perdida se obtendrá multiplicando por la tarifa eléctrica (tar) en (€/kWh) para saber el ahorro respecto a una sección superior S_2 tendremos que obtener la diferencia de energía perdida (ΔE):

$$\Delta E = tar \cdot (Ep_1 - Ep_2) = 0{,}1807 \times tar \cdot n \cdot I^2 \cdot (1/S_1 - 1/S_2)$$

Y con la diferencia de coste del cable podemos obtener el plazo de amortización en años (Am):

$$\Delta C = C_2 - C_1$$

$$Am = \frac{C_2 - C_1}{0{,}1807 \cdot tar \cdot n \cdot I^2 \cdot \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_1}\right)}$$

Si por ejemplo tenemos una línea trifásica con cable de 1x6 de 3 fases + neutro con intensidad de corriente 10 A y tarifa eléctrica 0,09 €/kWh. Tomando los precios de la tabla la amortización de la sección superior (1x10) será en un plazo de...

$$Am = \frac{4 \times 0{,}947 - 4 \times 0{,}615}{0{,}1807 \times 0{,}09 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{10}\right)} = 4{,}1 \text{ años}$$

Valor que podemos observar en la tabla que figura más adelante. Otro ejemplo:

Cable de 3G1,5
I = 4 A
Tarifa: 0,09 €/kWh

El paso a cable 3G2,5 estará amortizado en el siguiente plazo:

$$Am = \frac{0{,}863 - 0{,}593}{0{,}1807 \times 0{,}09 \cdot 2 \cdot 4^2 \cdot \left(\frac{1}{1{,}5} - \frac{1}{2{,}5}\right)} = 1{,}9 \text{ años}$$

Valor que de nuevo podemos comprobar en la tabla.

Vemos que a pesar de ir muy descargadas las líneas los plazos de amortización de las secciones superiores son muy cortos. Con mayor intensidad de corriente el plazo se reduce mucho más.

Siguiendo el mismo procedimiento se ha elaborado la siguiente tabla para una tarifa de 0,09 €/kWh. En ella se pueden ver los plazos de amortización de la sección superior en "todos" los casos. Una forma sencilla de evidenciar lo inteligente que es incrementar las secciones por encima de los valores mínimos obligatorios por criterios técnicos.

Haga sus propias comprobaciones y verá como aumentar las secciones de conductor es una decisión inteligente.

Con este procedimiento puede operar en la tabla Excel que puede descargar en este enlace:
https://www.prysmianclub.es/seccion-economica-calculo-de-la-amortizacion-de-todas-las-secciones-de-afumex-class-1000-v-as-en-todos-los-casos-hoja-excel-de-calculo-automatico/

En ella podrá cambiar los precios de los cables (columna C), la tarifa eléctrica (celda E7) o también cambiar cualquier valor de intensidad de corriente (cifras en rojo) si quiere obtener los resultados para algún valor no tabulado.

En todo caso de una forma sencilla obtendrá una tabla con "todos" los plazos de amortización para "todas" las intensidades posibles y todas las secciones de stock del cable Afumex Class 1000 V (AS). Y de forma automática estimando un valor de corriente constante aproximado se hará una idea de si le conviene incrementar la sección de conductor respecto al valor mínimo obtenido por criterios técnicos.

A la vista de la tabla (págs. 280 y 281) se puede observar que la amortización de secciones superiores se produce en plazos más cortos para secciones pequeñas, dado que la densidad media de corriente en secciones pequeñas es muy elevada respecto a secciones grandes y los decrementos absolutos de resistencia por utilizar la sección superior son muy grandes. No obstante recomendamos reflexionar sobre el cálculo de secciones superiores en todos los casos.

Por último, recordemos que una vez amortizado el incremento de coste de la sección superior comenzará el período de ahorro económico hasta el fin de la vida útil de la línea así como el resto de beneficios colaterales de instalar secciones superiores a las mínimas exigidas por criterios técnicos:

• Menor caída de tensión

• Mejor respuesta a sobrecargas y cortocircuitos (la protección sigue siendo válida ya que se amplía la intensidad máxima admisible del cable y a efectos de sobrecargas la impedancia del cable es menor lo que asegura en mayor medida el funcionamiento de la protección)

• Mayor vida útil del cable (por funcionar con temperatura media inferior)
• Posibilidad de repotenciar la línea

• Posibilidad de incrementar el número de circuitos en la misma canalización (al ir la línea sobrada por intensidad. En canalizaciones en que se prevé espacio para incrementar eventualmente circuitos el coeficiente de corrección por agrupamiento es menor y se precisa verificar secciones de cables ya instalados)

• Mayor retorno de inversión en metal al final de la vida útil (aunque esta no sea una ventaja puramente eléctrica el material del conductor no pierde a penas valor económico por su uso).

Plazo de amortización en años del incremento de sección del cable inmediata superior en función de la corriente que circula por los conductores

Tarifa 0,09 €/kWh

		Intensidad de corriente en A																
RZ1-K	**€/km**	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
1x2,5	358	16,4	4,1	1,8	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0			
1x4	478	33,6	8,4	3,7	2,1	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
1x6	615	-	25,5	11,3	6,4	4,1	2,8	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
1x10	947	-	56,7	25,2	14,2	9,1	6,3	4,6	3,5	2,8	2,3	1,5	1,0	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3
1x16	1361	-	-	69,6	39,1	25,0	17,4	12,8	9,8	7,7	6,3	4,0	2,8	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8
1x25	2049	-	-	-	86,5	55,4	38,4	28,2	21,6	17,1	13,8	8,9	6,2	4,5	3,5	2,7	2,2	1,8
1x35	2821	-	-	-	-	-	78,9	58,0	44,4	35,1	28,4	18,2	12,6	9,3	7,1	5,6	4,5	3,8
1x50	4008	-	-	-	-	-	-	-	88,2	69,7	56,5	36,1	25,1	18,4	14,1	11,2	9,0	7,5
1x70	5583	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87,9	56,3	39,1	28,7	22,0	17,4	14,1	11,6
1x95	7196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78,5	57,7	44,2	34,9	28,3	23,4
1x120	9087	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88,5	67,8	53,5	43,4	35,8
1x150	11291	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85,5	69,2	57,2
1x185	13954	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98,3	81,2
1x240	17666	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1x300	22662	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
2x1,5	501	5,5	1,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0			
2x2,5	692	16,9	4,2	1,9	1,1	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
2x4	1022	26,7	6,7	3,0	1,7	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
2x6	1311	88,8	22,2	9,9	5,5	3,6	2,5	1,8	1,4	1,1	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
2x10	2081	-	52,4	23,3	13,1	8,4	5,8	4,3	3,3	2,6	2,1	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3
2x16	3104	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
3G1,5	593	7,8	1,9	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0			
3G2,5	863	20,3	5,1	2,3	1,3	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	
3G4	1260	45,1	11,3	5,0	2,8	1,8	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
3G6	1749	-	30,5	13,5	7,6	4,9	3,4	2,5	1,9	1,5	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
3G10	2806	-	74,6	33,1	18,6	11,9	8,3	6,1	4,7	3,7	3,0	1,9	1,3	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4
3G16	4261	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
4x6	2234	-	28,0	12,4	7,0	4,5	3,1	2,3	1,7	1,4	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
4x10	3689	-	61,9	27,5	15,5	9,9	6,9	5,1	3,9	3,1	2,5	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
4x16	5501	-	-	71,8	40,4	25,9	18,0	13,2	10,1	8,0	6,5	4,1	2,9	2,1	1,6	1,3	1,0	0,9
4x25	8340	-	-	-	-	66,3	46,0	33,8	25,9	20,5	16,6	10,6	7,4	5,4	4,1	3,3	2,7	2,2
4x35	12035	-	-	-	-	-	83,0	61,0	46,7	36,9	29,9	19,1	13,3	9,8	7,5	5,9	4,8	4,0
4x50	17033	-	-	-	-	-	-	-	-	83,2	67,4	43,1	29,9	22,0	16,8	13,3	10,8	8,9
4x70	24544	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96,1	61,5	42,7	31,4	24,0	19,0	15,4	12,7
4x95	31593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86,0	65,9	52,1	42,2	34,8
4x150	51442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,0	67,3	55,6
4x185	61790	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4x240	82135	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
4G1,5	769	6,7	1,7	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0				
4G2,5	1116	16,4	4,1	1,8	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0			
4G4	1596	39,3	9,8	4,4	2,5	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
4G6	2236	-	28,0	12,5	7,8	4,5	3,2	2,3	1,8	1,4	1,1	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1
4G10	3694	-	62,1	27,6	15,5	9,9	6,9	5,1	3,9	3,1	2,5	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
4G16	5512	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55
5G1,5	893	8,2	2,1	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0				
5G2,5	1322	21,7	5,4	2,4	1,4	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1			
5G4	1957	50,6	12,6	5,6	3,2	2,0	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
5G6	2779	-	34,2	15,2	8,5	5,5	3,8	2,8	2,1	1,7	1,4	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
5G10	4557	-	76,6	34,1	19,2	12,3	8,5	6,3	4,8	3,8	3,1	2,0	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
5G16	6800	-	-	92,3	51,9	33,2	23,1	17,0	13,0	10,3	8,3	5,3	3,7	2,7	2,1	1,6	1,3	1,1
5G25	10448	-	-	-	-	81,7	56,7	41,7	31,9	25,2	20,4	13,1	9,1	6,7	5,1	4,0	3,3	2,7
5G35	15001	-	-	-	-	-	-	91,5	70,0	55,3	44,8	28,7	19,9	14,6	11,2	8,9	7,2	5,9
5G50	22499																	

La sección inmediata superior (4x120) no es de stock

Intensidad de corriente en A																		
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,1	0,1	0,1	0,1	0,0														
0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0												
0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1										
1,5	1,3	1,1	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1								
3,2	2,7	2,3	1,8	1,1	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1							
6,3	5,3	4,6	3,5	2,3	1,6	1,2	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1				
9,8	8,3	7,2	5,5	3,5	2,4	1,8	1,4	1,1	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1			
19,6	16,7	14,4	11,0	7,1	4,9	3,6	2,8	2,2	1,8	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2		
30,1	25,7	22,1	16,9	10,8	7,5	5,5	4,2	3,3	2,7	1,7	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,4	0,3	
48,1	41,0	35,3	27,0	17,3	12,0	8,8	6,8	5,3	4,3	2,8	1,9	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
68,2	58,2	50,1	38,4	24,6	17,1	12,5	9,6	7,6	6,1	3,9	2,7	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6
-	-	-	76,8	49,1	34,1	25,1	19,2	15,2	12,3	7,9	5,5	4,0	3,1	2,4	2,0	1,6	1,4	1,2
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,0	0,0																	
0,1	0,1	0,1	0,1															
0,2	0,2	0,2	0,1	0,1														
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,1	0,0																	
0,1	0,1	0,1	0,1															
0,3	0,3	0,2	0,2	0,1														
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,1	0,1	0,1																
0,3	0,2	0,2	0,2	0,1														
0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1												
1,8	1,6	1,4	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2										
3,3	2,8	2,4	1,9	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2								
7,5	6,4	5,5	4,2	2,7	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7	0,4	0,3							
10,7	9,1	7,8	6,0	3,8	2,7	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2				
29,3	24,9	21,5	16,5	10,5	7,3	5,4	4,1	3,3	2,6	1,7	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4			
46,7	39,8	34,3	26,3	16,8	11,7	8,6	6,6	5,2	4,2	2,7	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5	
93,5	79,7	68,7	52,6	33,7	23,4	17,2	13,1	10,4	8,4	5,4	3,7	2,7	2,1	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,1	0,1	0,1																
0,3	0,2	0,2	0,2	0,1														
60	65	70	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
0,2	0,1	0,1																
0,3	0,3	0,3	0,2	0,1														
0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2												
2,3	1,9	1,7	1,3	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3										
5,0	4,2	3,7	2,8	1,8	1,2	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3								

Plazos de amotización

Menos de 3 años | Entre 3 y 10 años | Entre 10 y 20 años | Más de 20 años

2.19.5. Cálculo de la sección óptima del conductor basada en el coste energético y ambiental según la nueva norma IEC 62125

Se podía imaginar que más pronto que tarde tendríamos una norma de referencia que tuviera en cuenta el impacto ambiental de los cables y la forma de razonar su reducción desde el punto de vista económico y ecológico. La norma IEC 62125 evalúa el impacto ambiental cualitativo, cuantitativo y la optimización de la sección del conductor basada en el coste ambiental y energético. Nos centraremos en este último concepto desarrollándolo con un ejemplo explicativo.

Una instalación trifásica en bandeja rejilla realizada con cable **Afumex Class 1000 V (AS)** unipolar con los siguientes datos de partida que figuran en el apartado 3.2 de la norma.

Cable Afumex Class 1000 V (AS) con clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1

Imax: intensidad de corriente máxima: 140 A
U: tensión del sistema: 400 V
L: longitud de la línea: 80 m
f_2: cosφ = 0,9
θ_a: temperatura ambiente: 40 °C
θ: temperatura máxima del conductor: 90 °C
NP: número de conductores cargados: 3
f1: factor de carga (factor que se aplica a la intensidad para que su efecto Joule sea igual que si la intensidad fuera constante): 0,3
α_{20}: coeficiente de variación de la resistencia del cobre con la temperatura: 0,00393 K^{-1}
Y: días de operación al año: 280 días
K: emisiones de CO_2 por generación eléctrica nacional: 0,25 kg CO_2/kWh
P: tarifa eléctrica: 0,11 €/kWh
M: coste de emisiones de CO_2: 0,023 €/kg CO_2
N: tiempo de servicio estimado: 30 años

Como podemos ver en los datos la norma ha tratado de aglutinar todos los valores que puedan influir desde el punto de vista económico considerando parte de ello el coste medioambiental.

En la siguiente tabla figuran los datos por km aproximados de costes de cable y tendido (en bandeja rejilla) así como el peso y las emisiones durante fabricación y transporte de los cables en kg de CO_2 por kg de cable, este último dato lo podemos extraer de la tabla de emisiones de CO_2 por kilogramo de cable fabricado que publicó FACEL.

Afumex Class 1000 V (AS)	km	€/km	kg/km	€/km tendido	kg CO_2/kg cable (inc. tte.)
1x50	0,32	3788	579	18000	6,449
1x70	0,32	5277	780	20000	6,449
1x95	0,32	6801	995	22200	6,449
1x120	0,32	8588	1240	23100	6,449
1x150	0,32	10794	1529	27500	6,449
1x185	0,32	13372	1826	31000	6,449
1x240	0,32	16930	2383	36000	6,449
1x300	0,32	21780	2942	42000	6,449

Sabiendo que la línea dispondrá de 3 fases + neutro de igual sección a las fases, según ITC-BT 19, pto. 2.2.2, tendremos los siguientes valores para nuestra línea de 80 m:

Afumex Class 1000 V (AS)	km	€ (cable)	kg (cable)	€ (tendido)	kg CO_2/kg (cable)
1x50	0,32	1212	185,3	5760	1194,9
1x70	0,32	1689	249,6	6400	1609,7
1x95	0,32	2176	318,4	7104	2053,4
1x120	0,32	2748	396,8	7392	2559,0
1x150	0,32	3454	489,3	8800	3155,4
1x185	0,32	4279	584,3	9920	3768,3
1x240	0,32	5418	762,6	11520	4917,7
1x300	0,32	6970	941,4	13440	6071,3

El coste del cable incluido su tendido será, por tanto:

C_{l50} = 1212 + 5760 = 6972 €
C_{l70} = 1689 + 6400= 8089 €
C_{l95} = 2176 + 7104 = 9190 €
C_{l120} = 2748 + 7392 = 10140 €
C_{l150} = 3454 + 8800 = 12254 €
C_{l185} = 4279 + 9920 = 14199 €
C_{l240} = 5418 + 11520 =16938 €
C_{l300} = 6970 + 13440 = 20410 €

Convertimos ahora las emisiones de CO_2 a euros teniendo en cuenta el coste aproximado de 23 € por tonelada de CO_2 emitida (M = 0,023 €/kg CO_2).

$C_{l(CO2)50}$ = 1194,5 x 0,023 =24,47 €
$C_{l(CO2)70}$ = 1609,7 x 0,023 =37,02 €
$C_{l(CO2)95}$ = 2053,4 x 0,023 =47,23 €
$C_{l(CO2)120}$ = 2559 x 0,023 =58,86 €
$C_{l(CO2)150}$ = 3155,4 x 0,023 =72,57 €
$C_{l(CO2)185}$ = 3768,3 x 0,023 =86,67 €
$C_{l(CO2)240}$ = 4917,7 x 0,023 =113,11 €
$C_{l(CO2)300}$ = 6071,3 x 0,023 =139,64 €

Abordamos ahora las pérdidas térmicas calculando inicialmente la resistencia del conductor a la temperatura de servicio estimada.

La norma cita que en base a la experiencia se estima que la temperatura de servicio es aproximadamente la ambiente más un tercio del rango de temperatura que va desde la temperatura ambiente a la máxima admisible por el cable:

$$\theta_m = (\theta-\theta_a)/3 + \theta_a = (90-40)/3 + 40 = 56,7\ ^\circ C$$

La resistencia del conductor en función de la temperatura es:

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot \Delta\theta)$$

Siendo $\Delta\theta$ la diferencia de temperatura entre θ_m y 20 °C que es el valor de temperatura de referencia en la fórmula. Esta fórmula figura en la norma que comentamos, pero también aparece en UNE 20003 (= IEC 28).

Tomamos los valores de resistencia a 20 °C de UNE-EN 60228 o de la página 169 y calculamos R en cada caso.

R_{50} = 0,386 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,442 Ω/km
R_{70} = 0,272 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,311 Ω/km
R_{95} = 0,206 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,236 Ω/km
R_{120} = 0,161 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,184 Ω/km
R_{150} = 0,129 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,148 Ω/km
R_{185} = 0,106 x (1 + 0,00393 x (56,7 – 20)) = 0,073 Ω/km

Aplicamos la fórmula del efecto Joule para obtener el coste de las pérdidas térmicas (C_j) teniendo en cuenta el factor de carga (f_1 = 0,3) y los días de operación al año (Y = 280 días), el tiempo de servicio estimado (N = 30 años) y la tarifa eléctrica (P = 0,11 €/kWh):

$C_{J50} = 3 \times 0,442 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 55808$ €
$C_{J70} = 3 \times 0,311 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 36497$ €
$C_{J95} = 3 \times 0,236 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 27696$ €
$C_{J120} = 3 \times 0,184 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 21593$ €
$C_{J150} = 3 \times 0,148 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 17369$ €
$C_{J185} = 3 \times 0,121 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 14200$ €
$C_{J240} = 3 \times 0,092 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 10797$ €
$C_{J300} = 3 \times 0,073 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,11 = 8567$ €

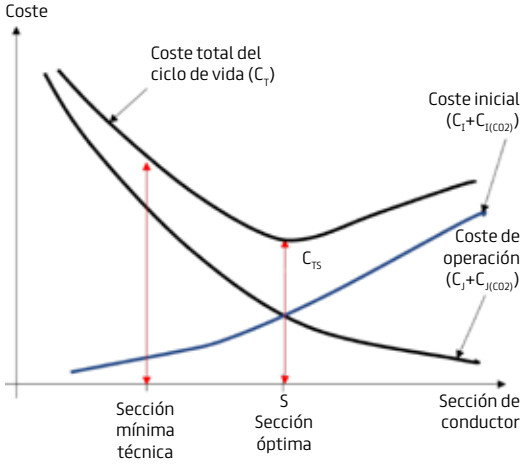
NOTA: el factor 10^{-3} es para pasar a kW las pérdidas.

Coste de las emisiones de CO_2 a lo largo del tiempo de servicio estimado (30 años). Se trata del mismo cálculo sustituyendo la tarifa eléctrica (P) por el factor de emisiones de CO_2 por generación eléctrica (K = 0,25 kg CO_2/kWh) y el coste de esas emisiones (M = 0,023 €/kg CO_2):

$C_{J(CO2)50} = 3 \times 0,442 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 2917$ €
$C_{J(CO2)70} = 3 \times 0,311 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 1908$ €
$C_{J(CO2)95} = 3 \times 0,236 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 1448$ €
$C_{J(CO2)120} = 3 \times 0,184 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 1129$ €
$C_{J(CO2)150} = 3 \times 0,148 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 908$ €
$C_{J(CO2)185} = 3 \times 0,121 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 742$ €
$C_{J(CO2)240} = 3 \times 0,092 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 564$ €
$C_{J(CO2)300} = 3 \times 0,073 \times (0,3 \times 140)^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times 0,25 \times 0,023 = 447$ €

En la figura siguiente podemos ver que mientras el coste fijo aumenta con la sección su coste de operación disminuye con la misma. Se trata de encontrar la sección que minimize el coste total que es la suma de los 4 conceptos anteriores:

$$C_T = C_I + C_{I(CO2)} + C_J + C_{J(CO2)}$$



$C_{T50} = 6972 + 24,47 + 55808 + 2917 = 65721$€
$C_{T70} = 8089 + 37,02 + 36497 + 1908 = 46531$€
$C_{T95} = 9190 + 47,23 + 27696 + 1448 = 38381$€
$C_{T120} = 10140 + 58,86 + 21593 + 1129 = 32921$€
$C_{T150} = 12254 + 72,57 + 17369 + 908 = 30604$€
$C_{T185} = 14199 + 86,67 + 14200 + 742 = 29228$€
$C_{T240} = 16938 + 113,11 + 10797 + 564 = 28412$€
$C_{T300} = 20410 + 139,64 + 8567 + 447 = 29564$€

La sección más ventajosa es 240 mm², como vemos muy superior a la mínima por criterios técnicos (50 mm²). En cualquier caso, se aprecia que cualquier sección hasta 240 mm² es una solución mejor desde el punto de vista económico y ecológico.

Hemos supuesto además un bajo factor de carga (f_1 = 0,3). Es decir, suponer que el efecto Joule es igual que el que tendría la línea si llevara una corriente constante del 30 % del valor máximo durante el tiempo de operación (280 días al año durante 30 años). Si el factor de carga sube, el efecto Joule se magnifica y la sección óptima sería superior.

Ahora vamos a pensar en un horizonte de tiempo menor. En lugar de 30 años supongamos un tiempo de operación de **20 años**. Se verán afectados únicamente los costes relacionados con el efecto Joule sustituyendo en las expresiones 30 por 20 o lo que es igual multiplicando por 2/3 los resultados de esas expresiones.

$C_{T50} = 6972 + 24,47 + (55808 + 2917) \times 2/3 = 46146$€
$C_{T70} = 8089 + 37,02 + (36497 + 1908) \times 2/3 = 34029$€
$C_{T95} = 9190 + 47,23 + (27696 + 1448) \times 2/3 = 28667$€
$C_{T120} = 10140 + 58,86 + (21593 + 1129) \times 2/3 = 25587$€
$C_{T150} = 12254 + 72,57 + (17369 + 908) \times 2/3 = 24511$€
$C_{T185} = 14199 + 86,67 + (14200 + 742) \times 2/3 = 24247$€
$C_{T240} = 16938 + 113,11 + (10797 + 564) \times 2/3 = 24625$€
$C_{T300} = 20410 + 139,64 + (8567 + 447) \times 2/3 = 2655$€

Con la sección de 1x185 conseguiríamos los resultados óptimos. Y análogamente si pensáramos en un plazo de **10 años** solamente...

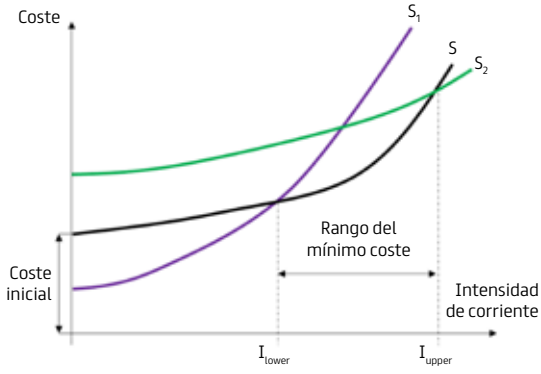
$C_{T50} = 6972 + 24,47 + (55808 + 2917) \times 1/3 = 26569$€
$C_{T70} = 8089 + 37,02 + (36497 + 1908) \times 1/3 = 0928$€
$C_{T95} = 9190 + 47,23 + (27696 + 1448) \times 1/3 = 18952$€
$C_{T120} = 10140 + 58,86 + (21593 + 1129) \times 1/3 = 17773$€
$C_{T150} = 12254 + 72,57 + (17369 + 908) \times 1/3 = 8419$€
$C_{T185} = 14199 + 86,67 + (14200 + 742) \times 1/3 = 19266$€
$C_{T240} = 16938 + 113,11 + (10797 + 564) \times 1/3 = 20838$€
$C_{T300} = 20410 + 139,64 + (8567 + 447) \times 1/3 = 23554$€

Aun siendo el horizonte corto y el factor de carga bajo vemos que el salto de sección aconsejable es relevante. En este caso la sección óptima sería 1x120 mm². Se revela una vez más lo importante de la reflexión sobre el dimensionado de las secciones más allá de criterios puramente técnicos.

Intensidad de corriente óptima

El apartado 7.5.5 de la norma nos muestra cómo se calcula el rango de valores de corriente para los que la sección obtenida como óptima sigue siéndolo.

Si observamos el siguiente gráfico vemos que siendo S la sección óptima, el punto en que el coste total de la sección óptima coincida con el de la sección inferior (S_1) será en el que la corriente es mínima (I_{lower}) para que la sección S sea óptima y el punto en que el coste total de instalar S coincida con el coste total de instalar S_2 será aquel en que tengamos el límite superior de corriente (I_{upper}) para que la sección S siga siendo óptima.



El coste total de instalar la sección S_1 inmediata inferior a la sección S óptima es:

$$C_{T1} = C_{I1} + C_{I(CO2)1} + N_p \times I_{lower}^2 \times R_1 \times f_1^2 \times 10^{-3} \times (24 \times Y \times N) \times (P + K \times M)$$

LLamando F a la siguiente expresión para simplificar:

$$F = N_p \times f_1^2 \times 10^{-3} \times (24 \times Y \times N) \times (P + K \times M)$$

Tenemos....

$$C_{T1} = C_{I1} + C_{I(CO2)1} + F \times I^2 \times R_1$$

Análogamente para la sección óptima tenemos:

$$C_T = C_I + C_{I(CO2)} + F \times I^2 \times R$$

Cuando I sea igual a $I_{lower} \rightarrow CT = CT1 \rightarrow$
$C_I + C_{I(CO2)} + F \times I_{lower}^2 \times R = C_{I1} + C_{I(CO2)1} + F \times I_{lower}^2 \times R_1$
Despejando I_{lower}

$$I_{lower} = \sqrt{\frac{C_I + C_{I(CO2)} - (C_{I1} + C_{I(CO2)1})}{F \cdot (R_1 - R)}}$$

Y tomando S2 como la sección inmediata superior a la óptima tendremos que

$$I_{upper} = \sqrt{\frac{C_{I2} + C_{I(CO2)2} - (C_I + C_{I(CO2)})}{F \cdot (R - R_2)}}$$

Sustituyendo valores para el caso de los 30 años de tiempo de servicio:

$S_1 = 185\ mm^2$
$S = 240\ mm^2$
$S_2 = 300\ mm^2$

$$F = N_p \cdot f_1^2 \times 10^{-3} \times (24 \times Y \cdot N) \cdot (P + K \cdot M)$$
$$= 3 \times 0{,}3^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 30) \times (0{,}11 + 0{,}25 \times 0{,}023) = 6{,}3$$

$$I_{lower_30_años} = \sqrt{\frac{16938 + 113{,}11 - (14199 + 86{,}67)}{6{,}3 \times (0{,}121 - 0{,}092)}} = 123{,}03\ A$$

$$I_{upper_30_años} = \sqrt{\frac{20410 + 139{,}64 - (16938 + 113{,}11)}{6{,}3 \times (0{,}092 - 0{,}073)}} = 107{,}96\ A$$

Para el caso de **N=20 años** los resultados son los siguientes:

$$F = 3 \times 0{,}3^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 20) \times (0{,}11 + 0{,}25 \times 0{,}023) = 4{,}2$$

$$I_{lower_20_años} = \sqrt{\frac{14199 + 86{,}67 - (12254 + 72{,}57)}{4{,}2 \times (0{,}148 - 0{,}121)}} = 131{,}44A$$

$$I_{upper_20_años} = \sqrt{\frac{16938 + 113{,}11 - (14199 + 86.67)}{4{,}2 \times (0{,}121 - 0{,}092)}} = 150{,}68A$$

Y para **N=10 años**

$$F = 3 \times 0{,}3^2 \times 10^{-3} \times (24 \times 280 \times 10) \times (0{,}11 + 0{,}25 \times 0{,}023) = 2{,}1$$

$$I_{lower_20_años} = \sqrt{\frac{10140 + 58{,}86 - (9190 + 47{,}23)}{(2{,}1 \times (0{,}236 - 0{,}184)}} = 93{,}84A$$

$$I_{upper_20_años} = \sqrt{\frac{12254 + 72{,}57 - (10140 + 58{,}86)}{(2{,}1 \times (0{,}184 - 0{,}148)}} = 167{,}76A$$

La norma continúa con cálculos sobre energía consumida en las líneas, emisiones de CO_2 y una serie de datos que se pueden obtener fácilmente.

El aumento de secciones sobre el mínimo exigible por criterios técnicos tiene además otras importantes ventajas que es oportuno recordar:

- Mayor vida útil de la línea al ir más descargada
- Posibilidad de ampliación de potencia sin cambiar el cable
- Menor caída de tensión
- Mejor respuesta a cortocircuitos

...

Vemos como las normas van actualizándose y ya tenemos un referente mundial que nos ofrece la forma de calcular las implicaciones ambientales de nuestra decisión técnica. No cabe duda que cada vez tendrá una mayor repercusión. La norma IEC 62125 no deja de ser una propuesta para el desarrollo de otras normas que copien o adapten la esencia de lo que pretende transmitir, modernizar los cálculos facilitando herramientas que ayuden a tomar decisiones responsables.

En cualquier caso, ya tenemos a nuestro alcance una posibilidad de hacer ingeniería de valor. Aportando datos comparativos que justifiquen que los aumentos de sección de conductor son una alternativa muy rentable e inteligente en un entorno de tarifas energéticas y costes de emisiones cada vez más penalizados.

Sea un héroe, desde el proyecto puede contribuir a un futuro más sostenible.

Prysmian Group

3. Esquemas de aplicación

Prysmian Group

3.1. Residencial

Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

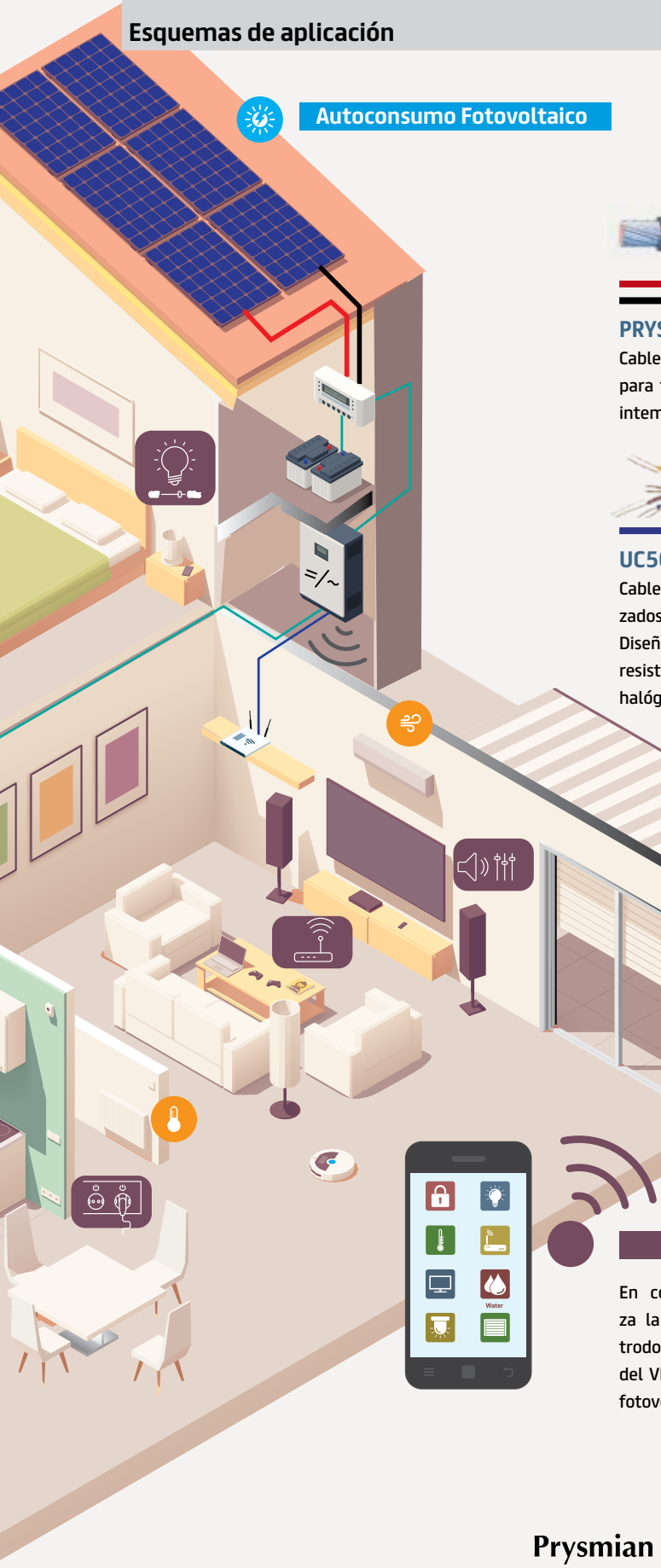
Afumex® Class 750 V (AS)

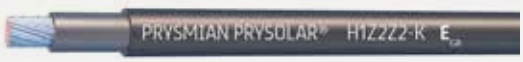
Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.

PRYCHARGE EV

Cable especialmente diseñado para interconexión de estación de recarga y vehículo eléctrico / Con conductores de comunicación. / Resistente a la intemperie y alta flexibilidad.

Autoconsumo Fotovoltaico





PRYSMIAN PRYSOLAR®

Cable flexible con conductor de cobre estañado y apto para tensiones hasta 1,8/1,8 kVdc / Alta resistencia a la intemperie / Certificado por Bureau Veritas.

UC500 U/UTP Cat. 6A TP

Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase C_{ca} clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.

Gestión inteligente

En comunicación con el sistema domótico se realiza la gestión inteligente de la demanda de los electrodomésticos, iluminación, climatización y la recarga del VE así como el control de la producción del sistema fotovoltaico y la carga de la batería.

3.2. Autoconsumo con vertido en red y acumulación. Instalación fotovoltaica y comunicaciones

PRYSMIAN PRYSOLAR®

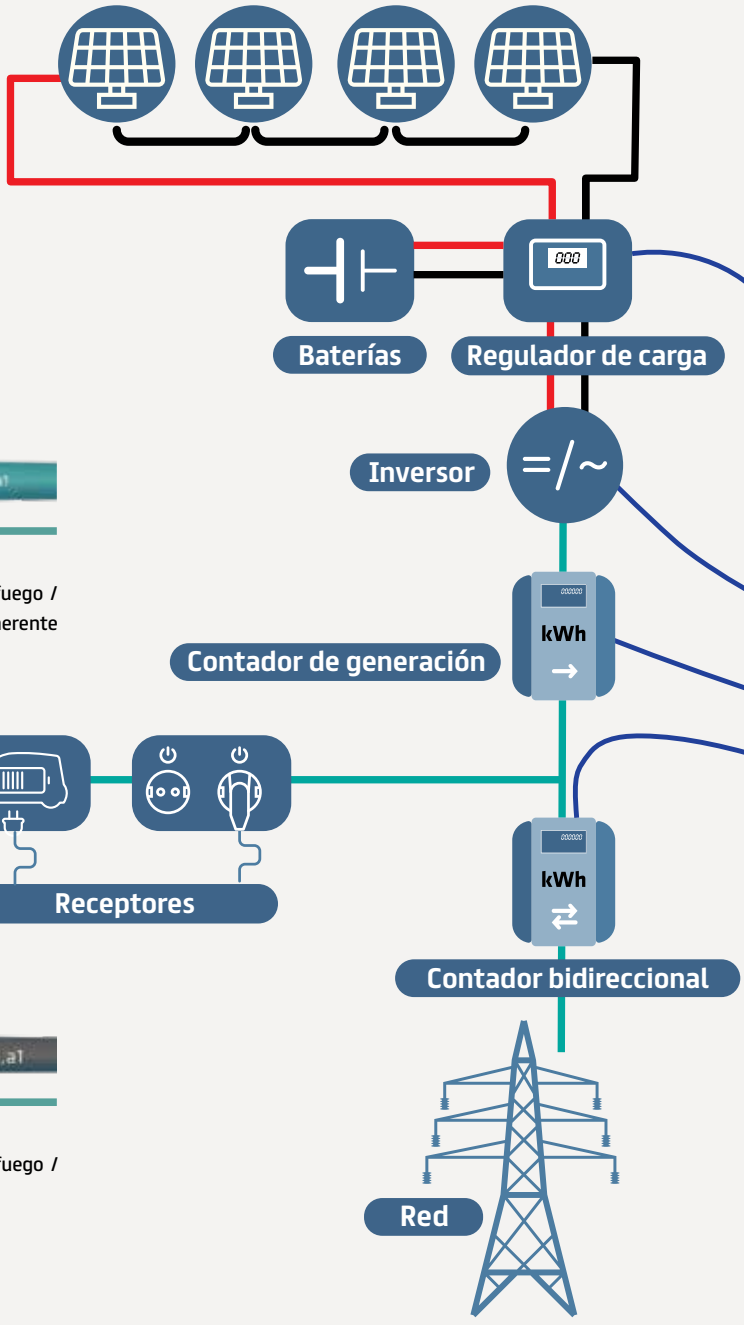
Cable flexible con conductor de cobre estañado y apto para tensiones hasta 1,8/1,8 kVdc. / Alta resistencia a la intemperie / Certificado por Bureau Veritas.

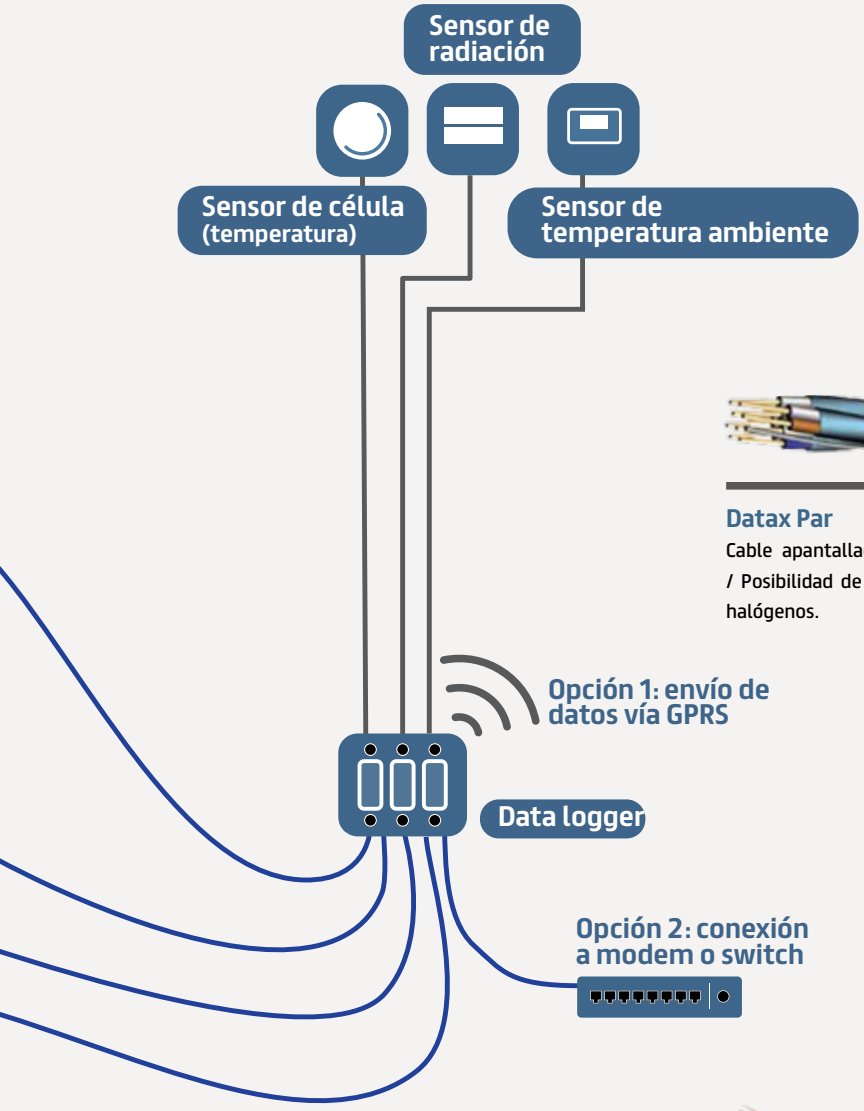
Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

Afumex® Class 750 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.





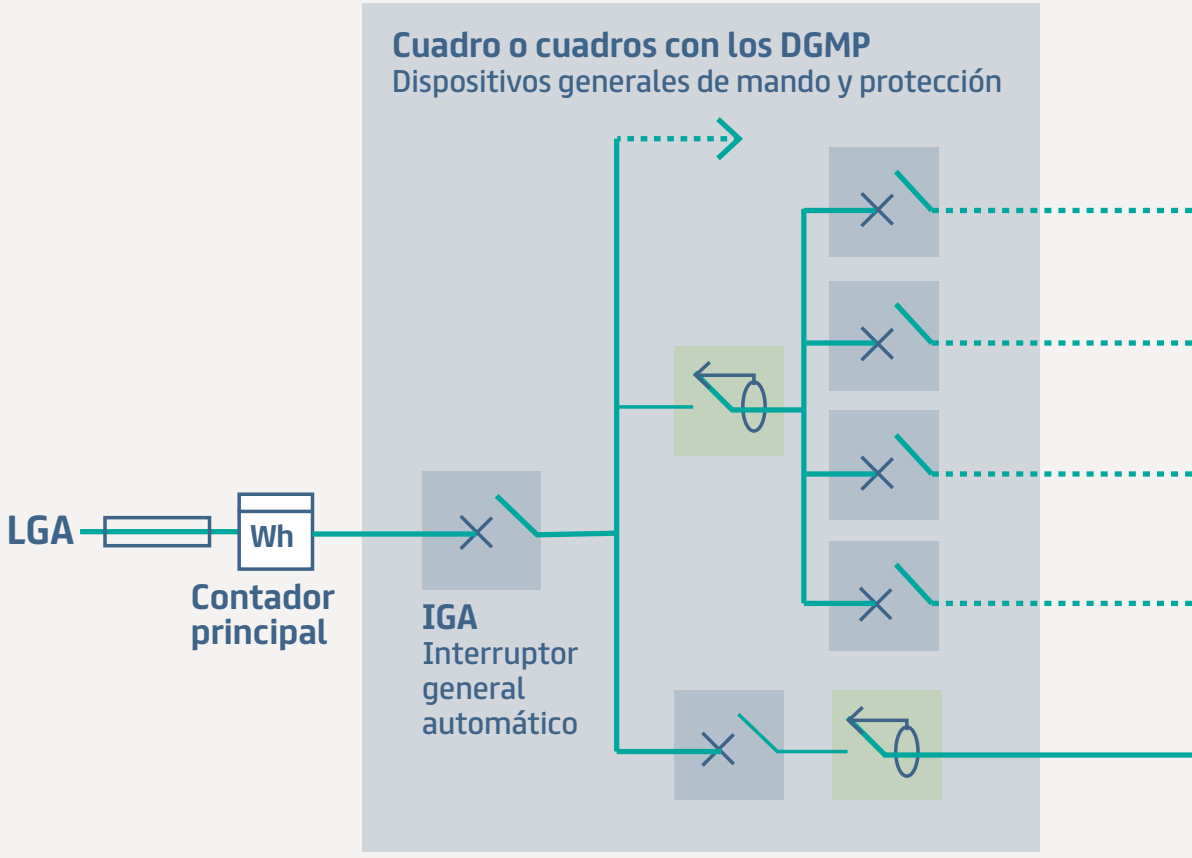
Datax Par

Cable apantallado por pares para transmisión de señales / Posibilidad de fabricación con cubierta de PVC o libre de halógenos.

UC500 U/UTP Cat. 6A TP

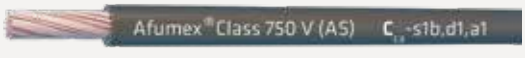
Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase C_{ca} clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.

3.3. Instalación con circuito adicional individual para la recarga en Viviendas unifamiliares



Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.



Afumex® Class 750 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.

Interruptor diferencial

Interruptor auomático

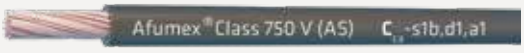
Circuitos interiores de la instalación

Circuito adicional dedicado a la carga del VE

PRYCHARGE EV

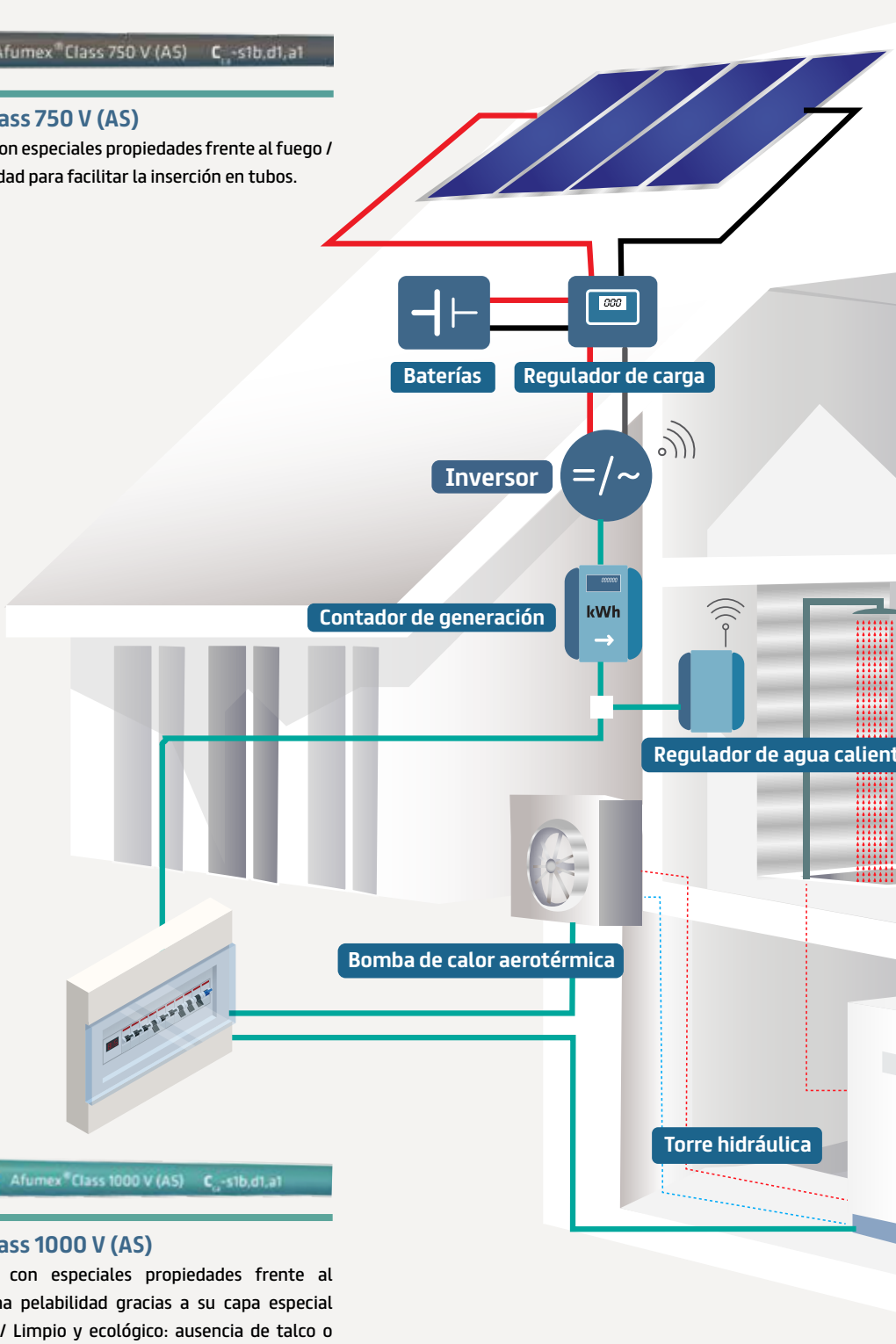
Cable especialmente diseñado para interconexión de estación de recarga y vehículo eléctrico / Con conductores de comunicación / Resistente a la intemperie y alta flexibilidad.

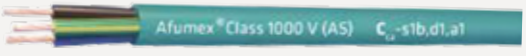
3.4. Aerotermia con autoconsumo residencial



Afumex® Class 750 V (AS)

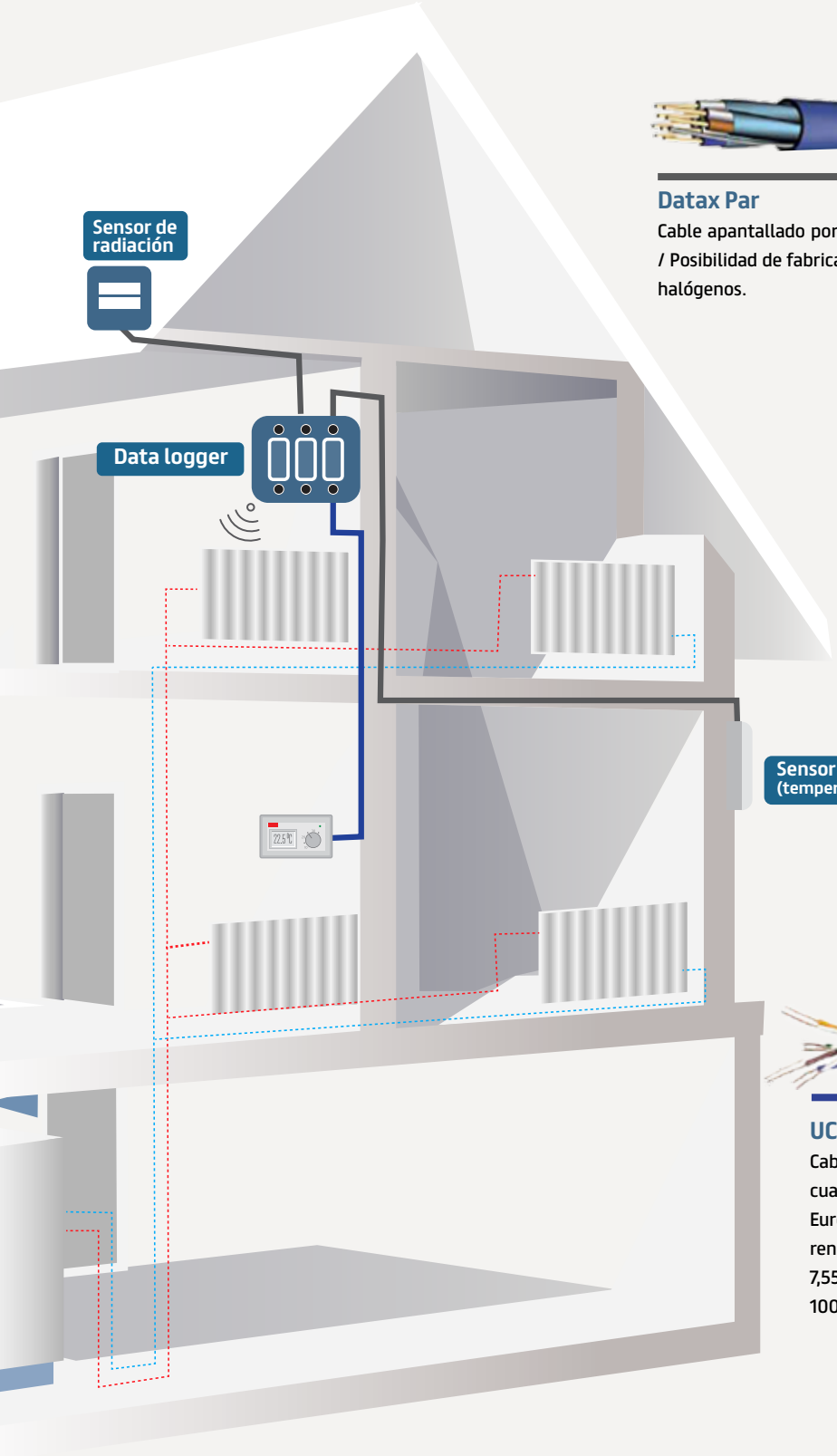
Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.





Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.



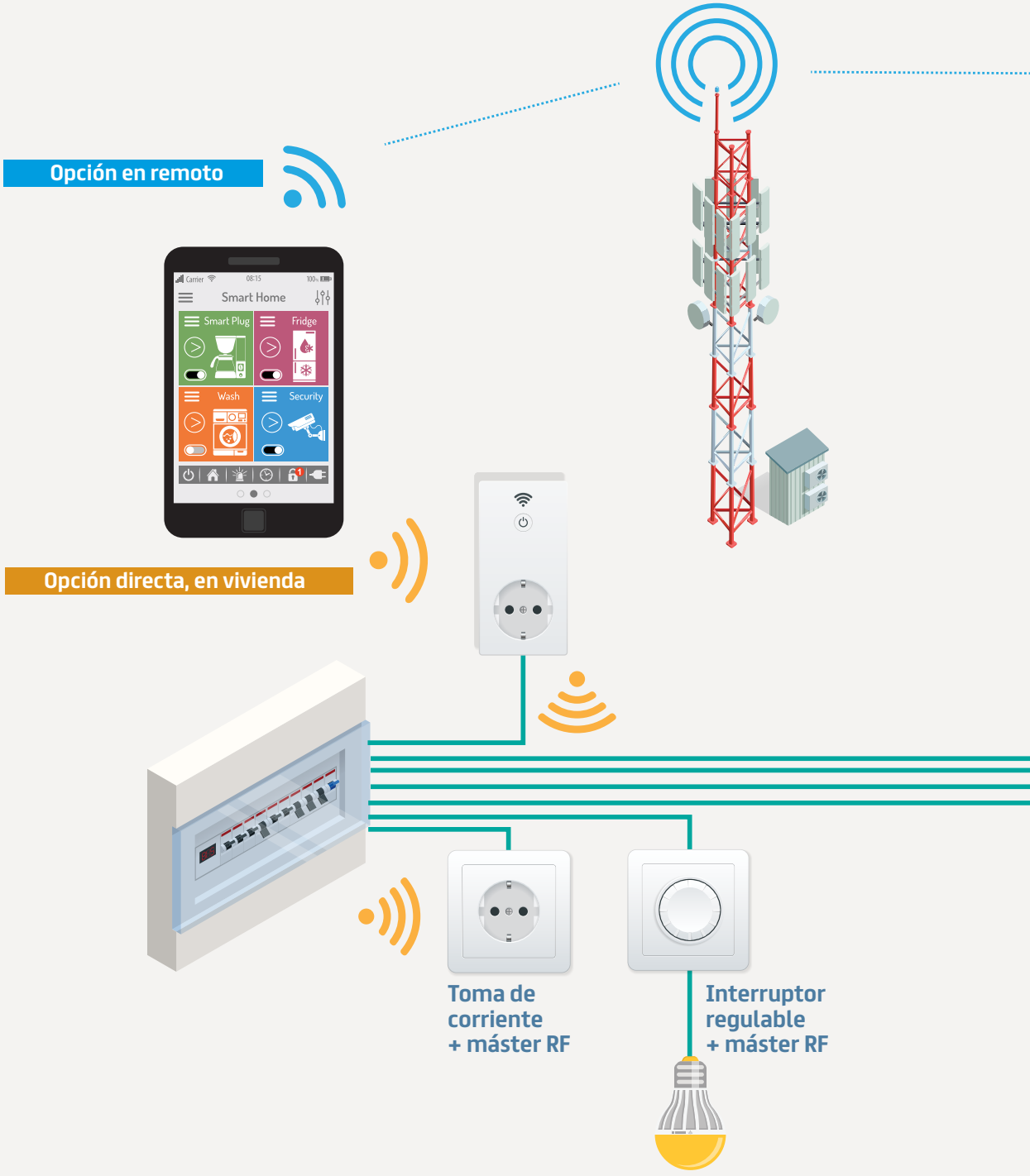
Datax Par

Cable apantallado por pares para transmisión de señales / Posibilidad de fabricación con cubierta de PVC o libre de halógenos.

UC500 U/UTP Cat. 6A TP

Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase C_{ca} clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.

3.5.Domótica residencial por radiofrecuencia



Cloud server

Router

Afumex® Class 1000 V (AS)

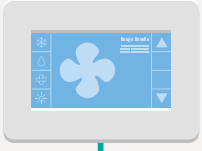
Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

Afumex® Class 750 V (AS)

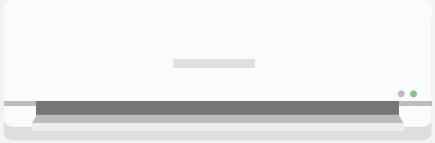
Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.

Interruptor iluminación + máster RF

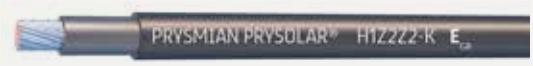
Interruptor persianas + máster RF



Termostato + máster RF



3.6. Terciario



PRYSMIAN PRYSOLAR®

Cable flexible con conductor de cobre estañado y apto para tensiones hasta 1,8/1,8 kVdc / Alta resistencia a la intemperie / Certificado por Bureau Veritas.

Con vertido en red y acumulación

Autoconsumo Fotovoltaico

Aerotermia

Para climatización y producción de ACS

Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

Afumex® Class 750 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.

Gestión inteligente

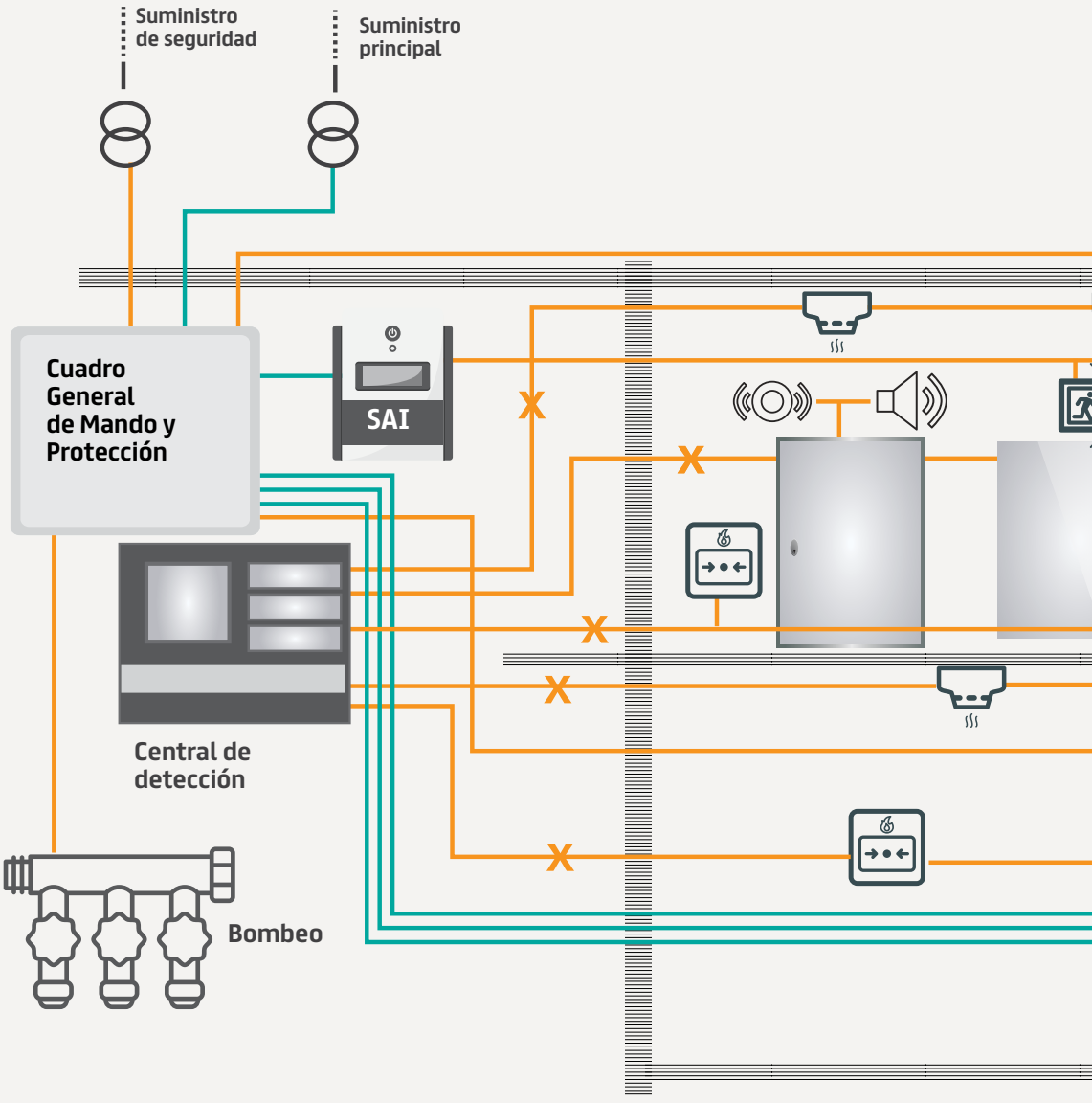
En comunicación con el sistema domótico se realiza la gestión inteligente de la demanda energética y seguridad.

Garaje con puntos de recarga VE

PRYCHARGE EV

Cable especialmente diseñado para interconexión de estación de recarga y vehículo eléctrico / Con conductores de comunicación / Resistente a la intemperie y alta flexibilidad.

3.7. Servicios de seguridad y puntos de recarga de vehículo eléctrico en parking subterráneo

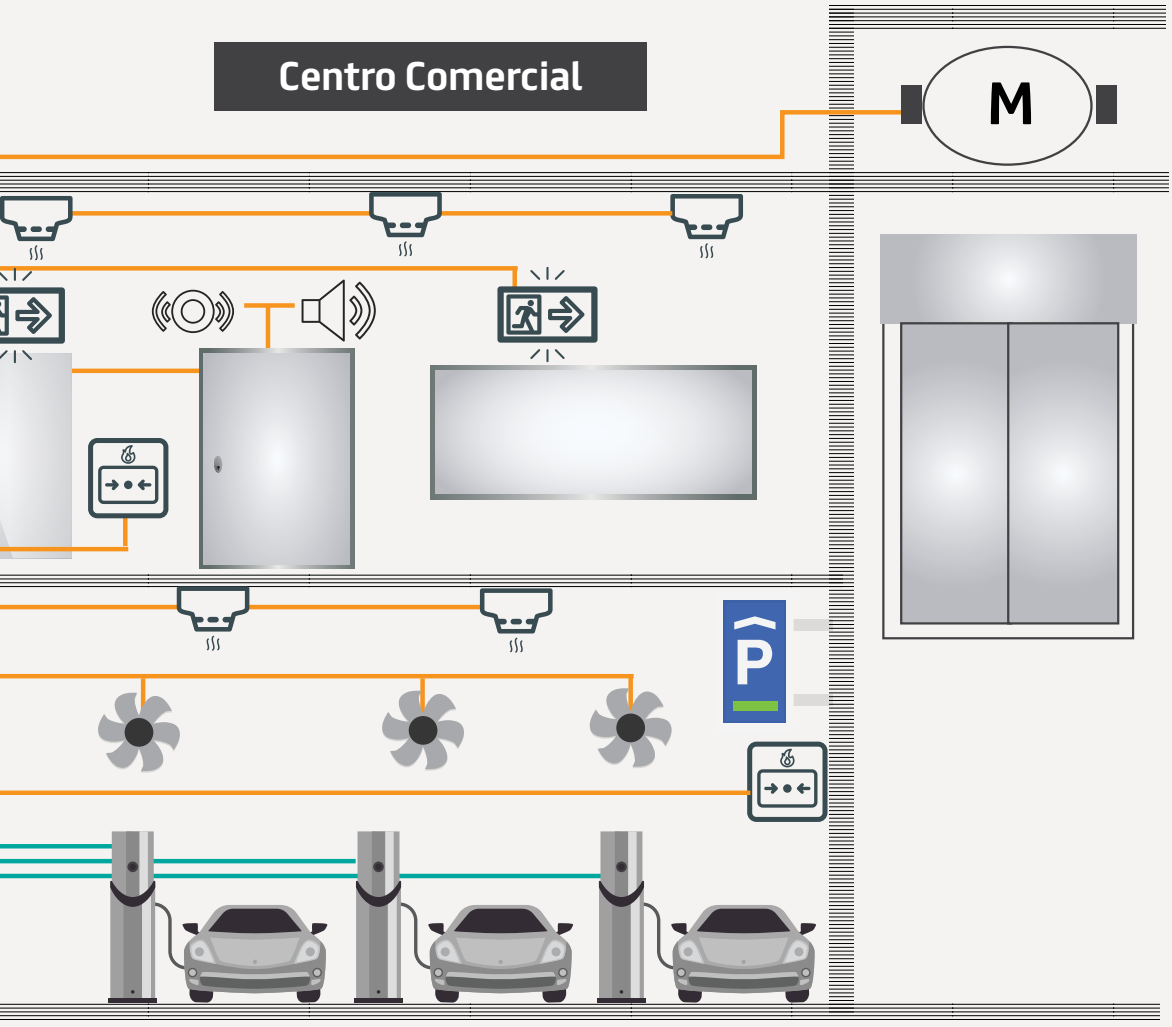


Afumex® Class Firs Detec-Signal (AS+)

Cable para interconectar circuitos de detectores, pulsadores y alarmas con las centrales de detección y megafonía de seguridad / Resistente al fuego / PH120.

Afumex® Class Firs (AS+)

Cable para servicios de seguridad no autónomos o servicios con fuentes autónomas centralizadas / Resistente al fuego / PH120.



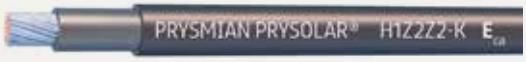
Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

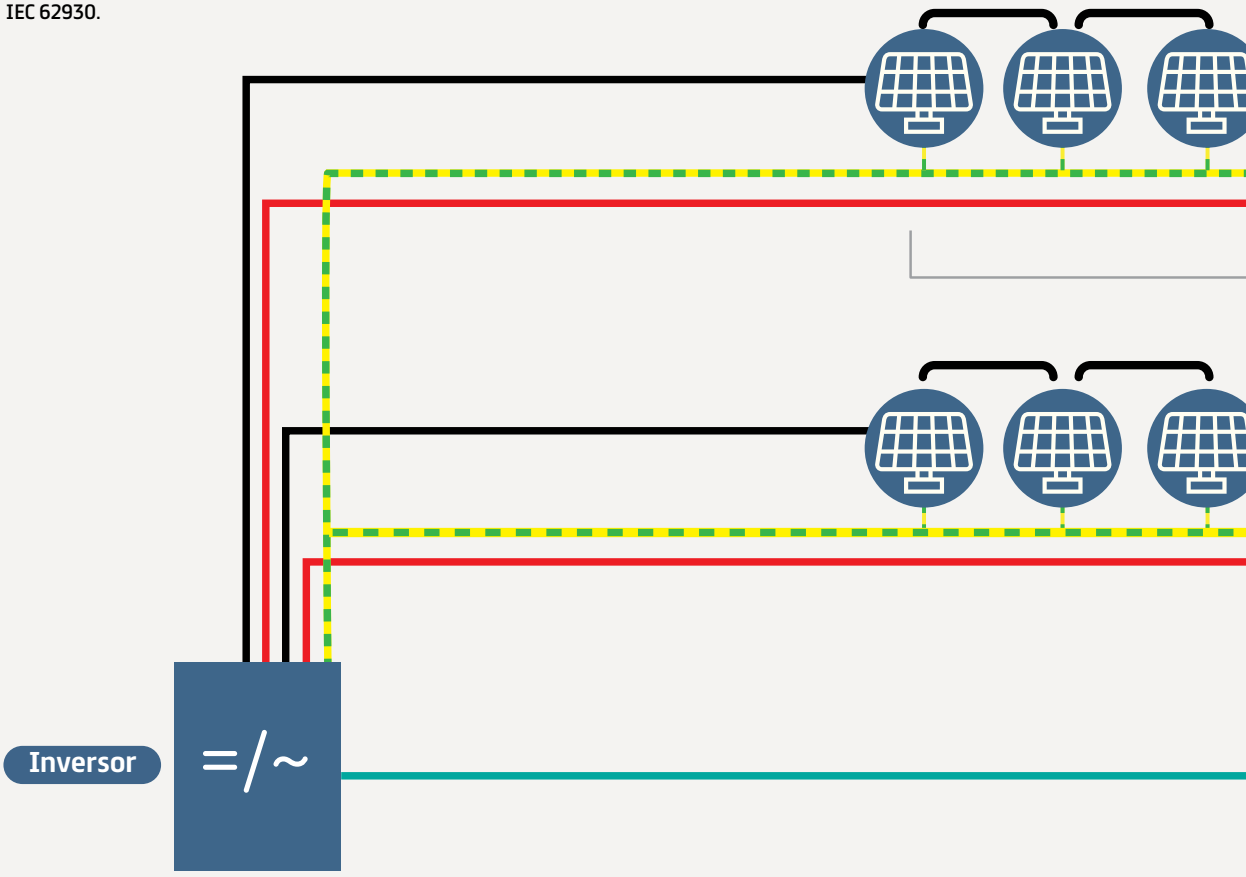
PRYCHARGE EV

Cable especialmente diseñado para interconexión de estación de recarga y vehículo eléctrico / Con conductores de comunicación / Resistente a la intemperie y alta flexibilidad.

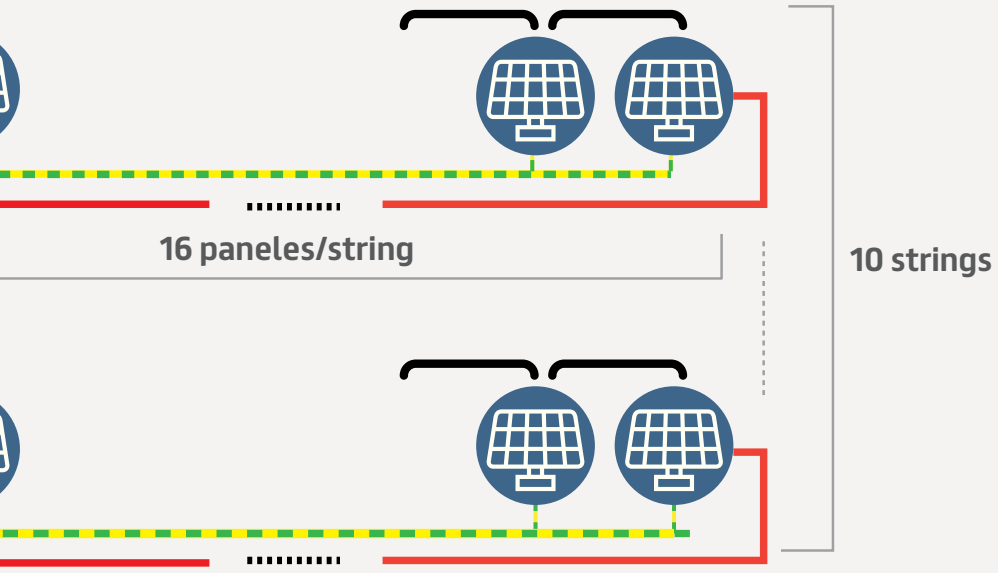
3.8. Instalación fotovoltaica 50 kW

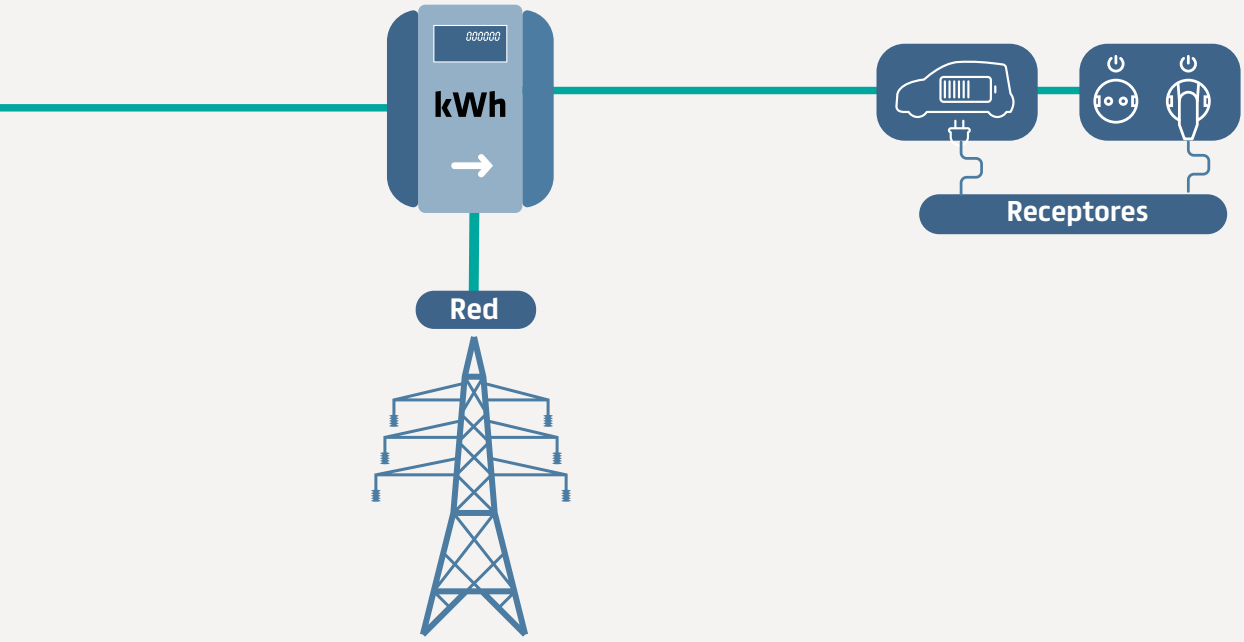


PRYSMIAN PRYSOLAR® H1Z2Z2-K
Destinado al lado de corriente continua / Según: EN 50618 IEC 62930.

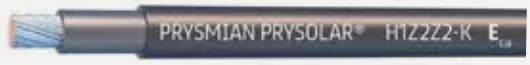


Afumex® Class 1000 V (AS) RZ1-K (AS)
Destinado al lado de corriente altern.


16 paneles/string
10 strings


kWh
Red
Receptores

3.9. Aerotermia con autoconsumo (Terciario)

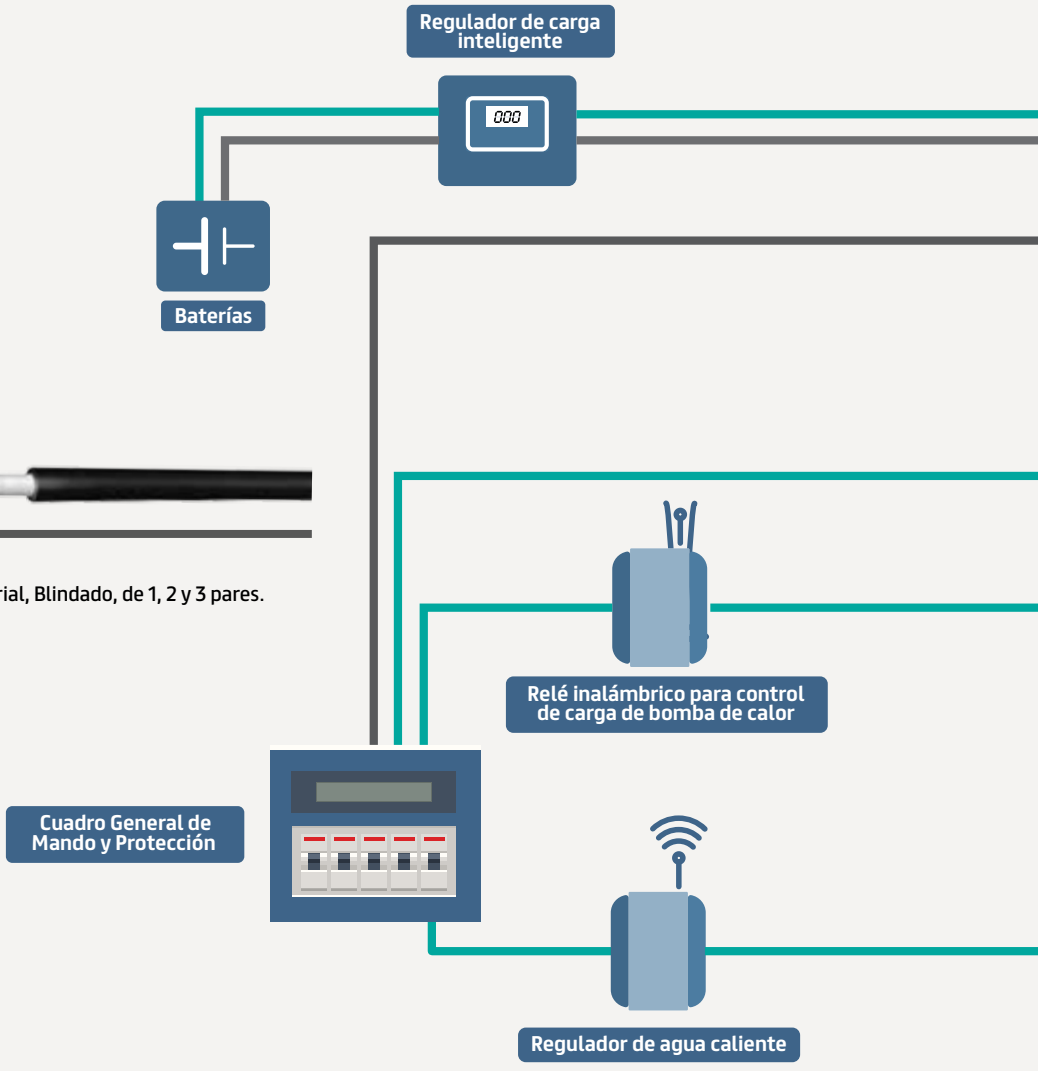


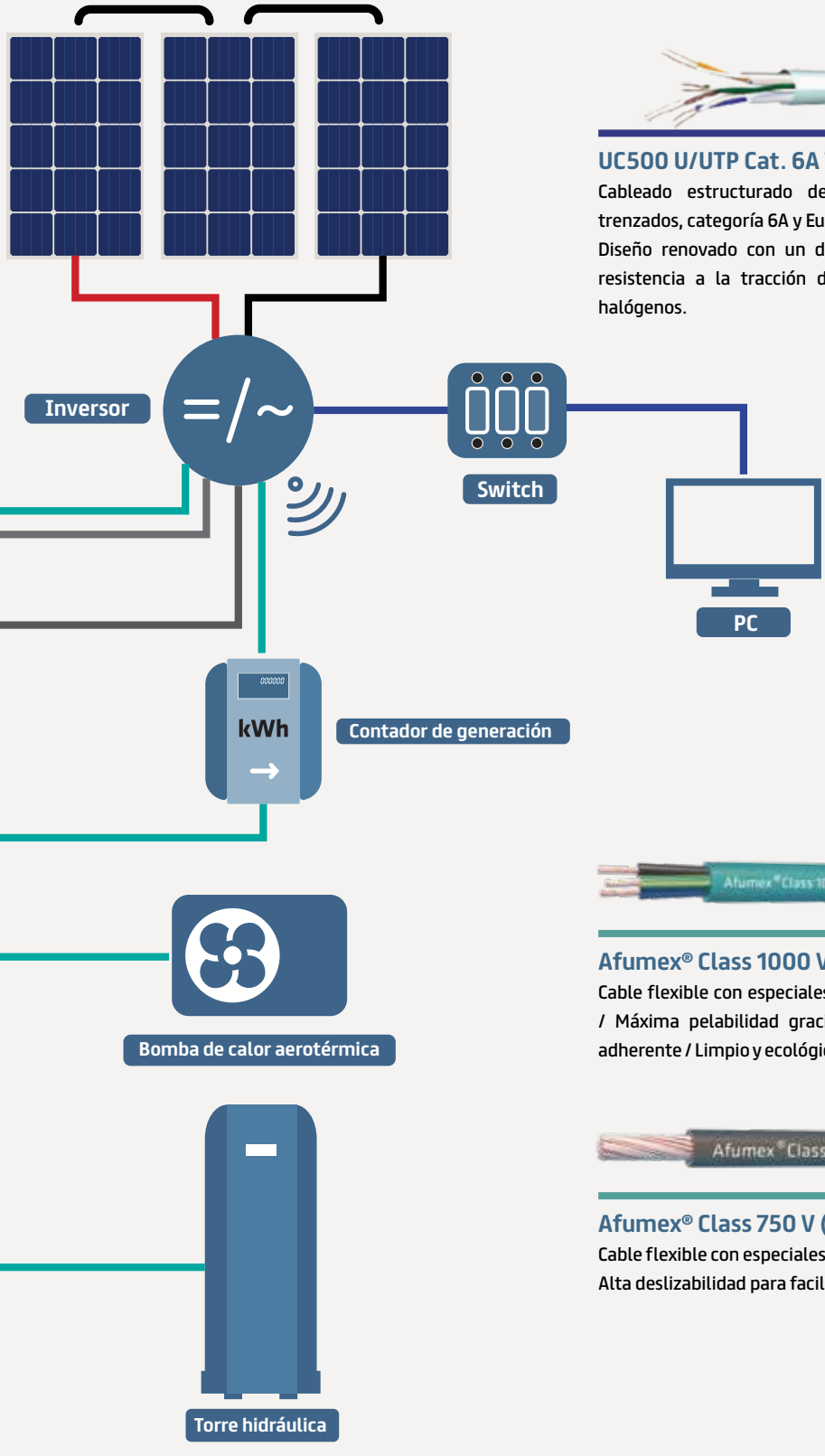
PRYSMIAN PRYSOLAR®

Cable flexible con conductor de cobre estañado y apto para tensiones hasta 1,8/1,8 kVdc / Alta resistencia a la intemperie / Certificado por Bureau Veritas.

RS485

Cable Multipar, Industrial, Blindado, de 1, 2 y 3 pares.





UC500 U/UTP Cat. 6A TP

Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase Cca clase C_{ca}-s1a,d1,a1 Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.

Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial anti-adherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

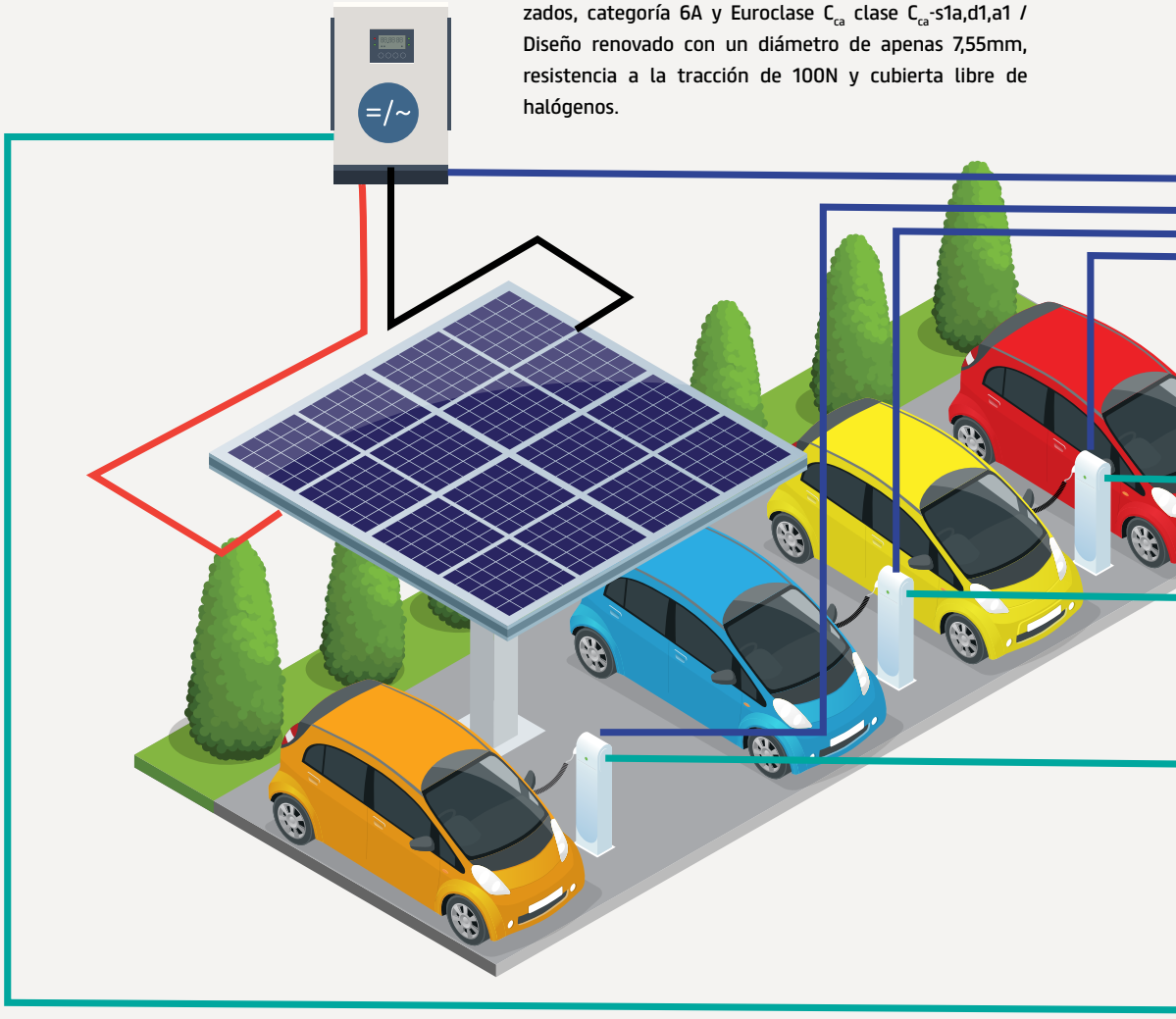
Afumex® Class 750 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Alta deslizabilidad para facilitar la inserción en tubos.

3.10. Recarga vehículo eléctrico. Fotovoltaica y cableado estructurado

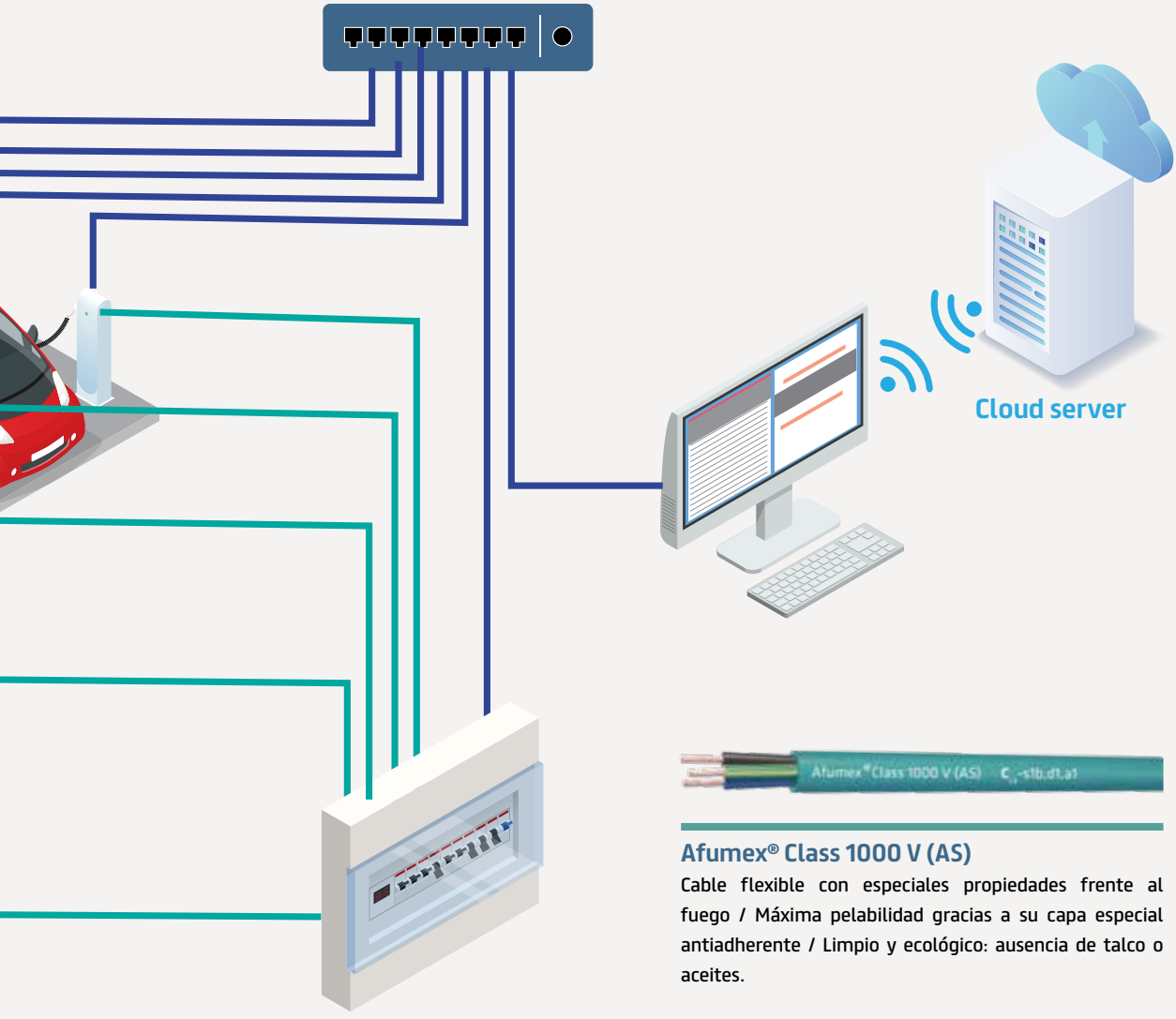
UC500 U/UTP Cat. 6A TP

Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase C_{ca} clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.



PRYCHARGE EV

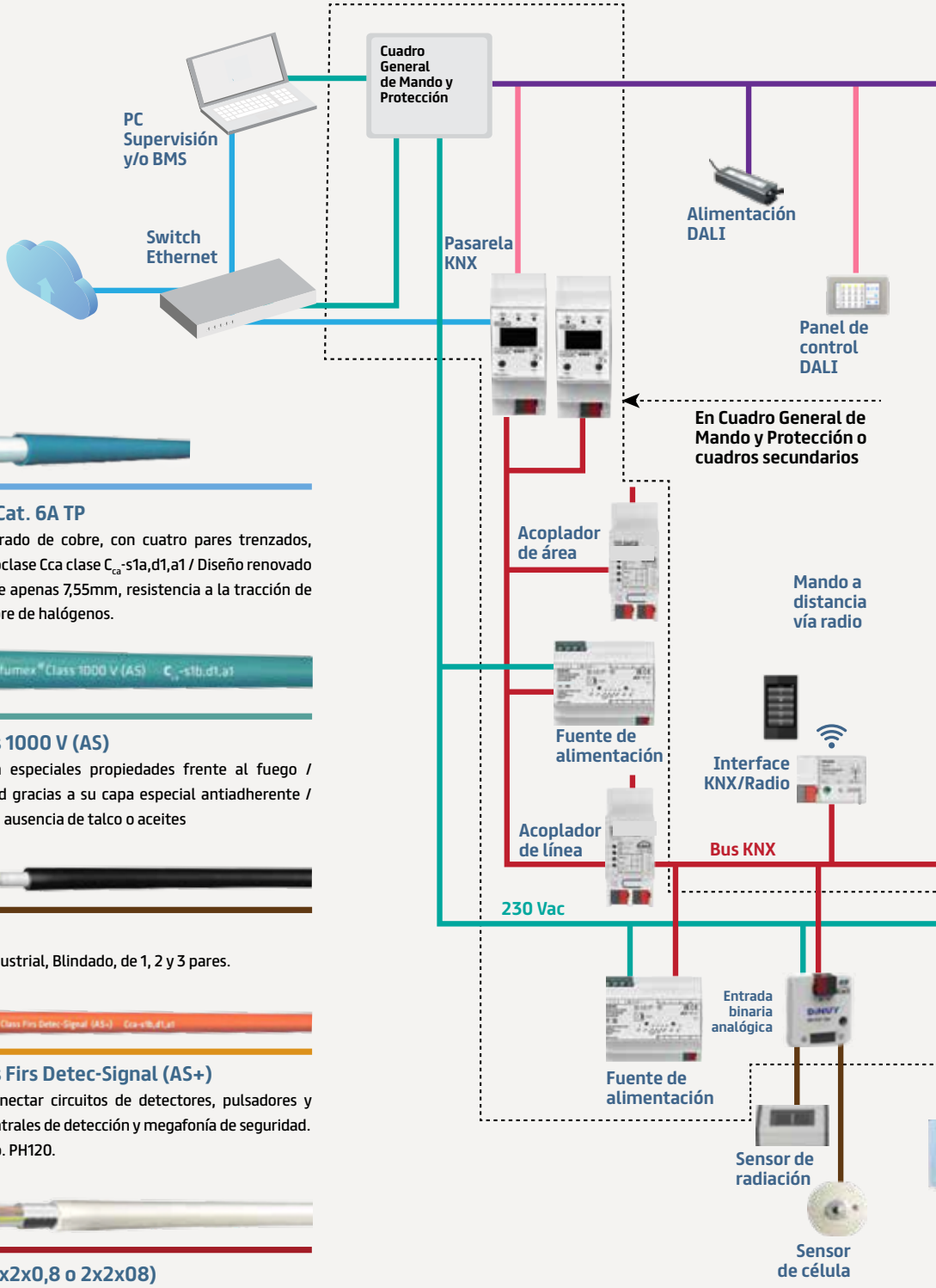
Cable especialmente diseñado para interconexión de estación de recarga y vehículo eléctrico / Con conductores de comunicación / Resistente a la intemperie y alta flexibilidad.



Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

3.11. Instalación KNX



UC500 U/UTP Cat. 6A TP

Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase Cca clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55mm, resistencia a la tracción de 100 N y cubierta libre de halógenos.

Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites

RS485

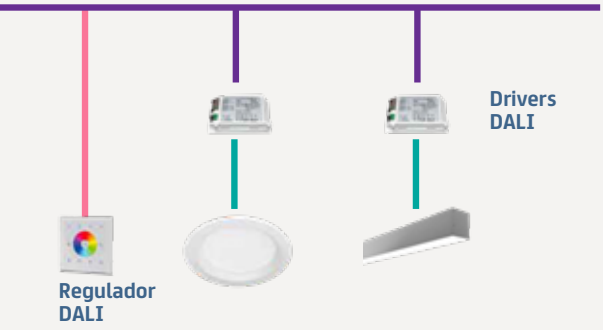
Cable Multipar, Industrial, Blindado, de 1, 2 y 3 pares.

Afumex® Class Firs Detec-Signal (AS+)

Cable para interconectar circuitos de detectores, pulsadores y alarmas con las centrales de detección y megafonía de seguridad. Resistente al fuego. PH120.

EIB Bus KNX (1x2x0,8 o 2x2x08)

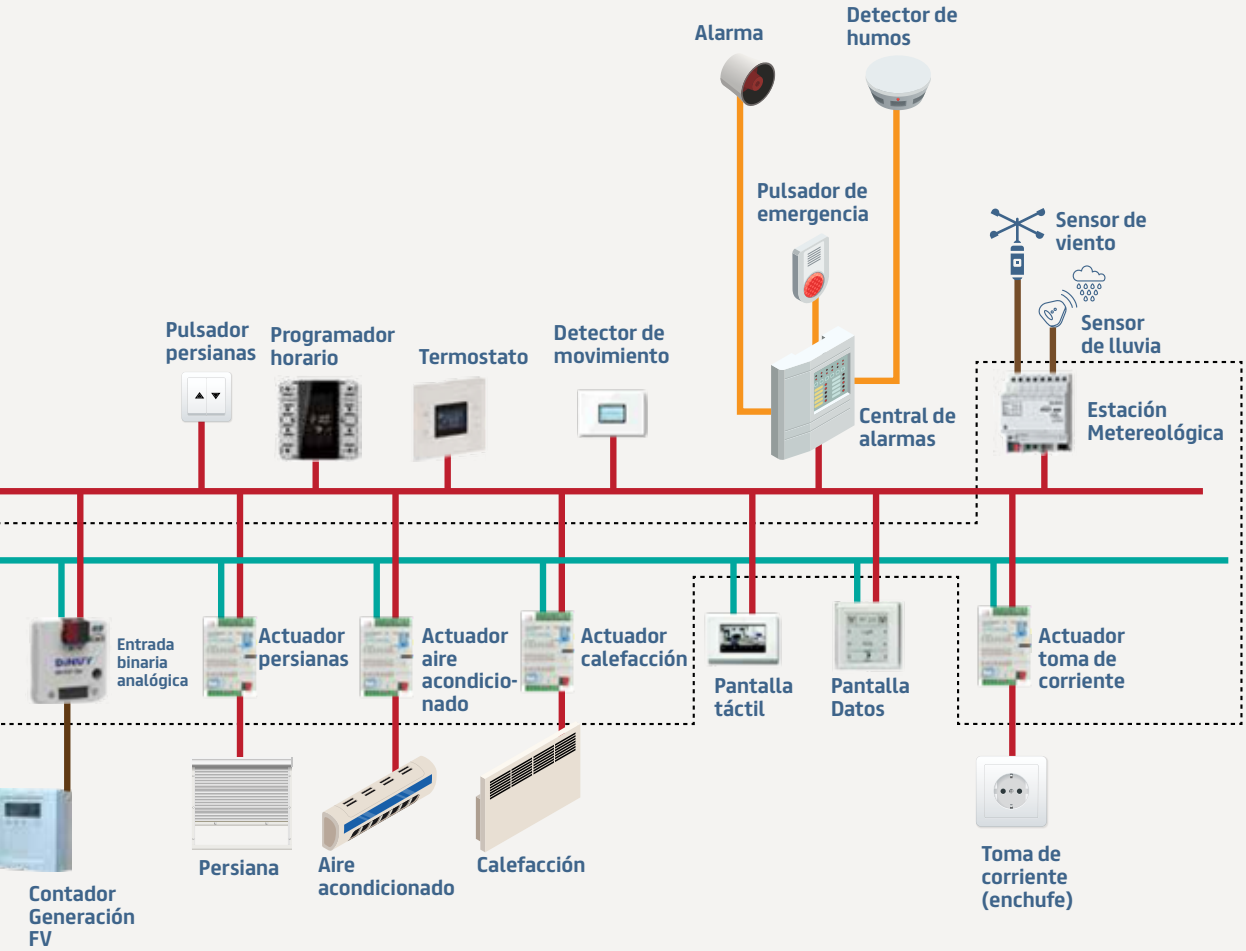
Cable BUS para aplicaciones interiores acorde a sistemas EIB (European Installation Bus) 1x2x0,8: negro/rojo 2x2x0,8: Amarillo/blanco.



Afumex Class 1000 V Lux (AS) 3G2,5 + 2x1,5 o 3G4 + 2x1,5

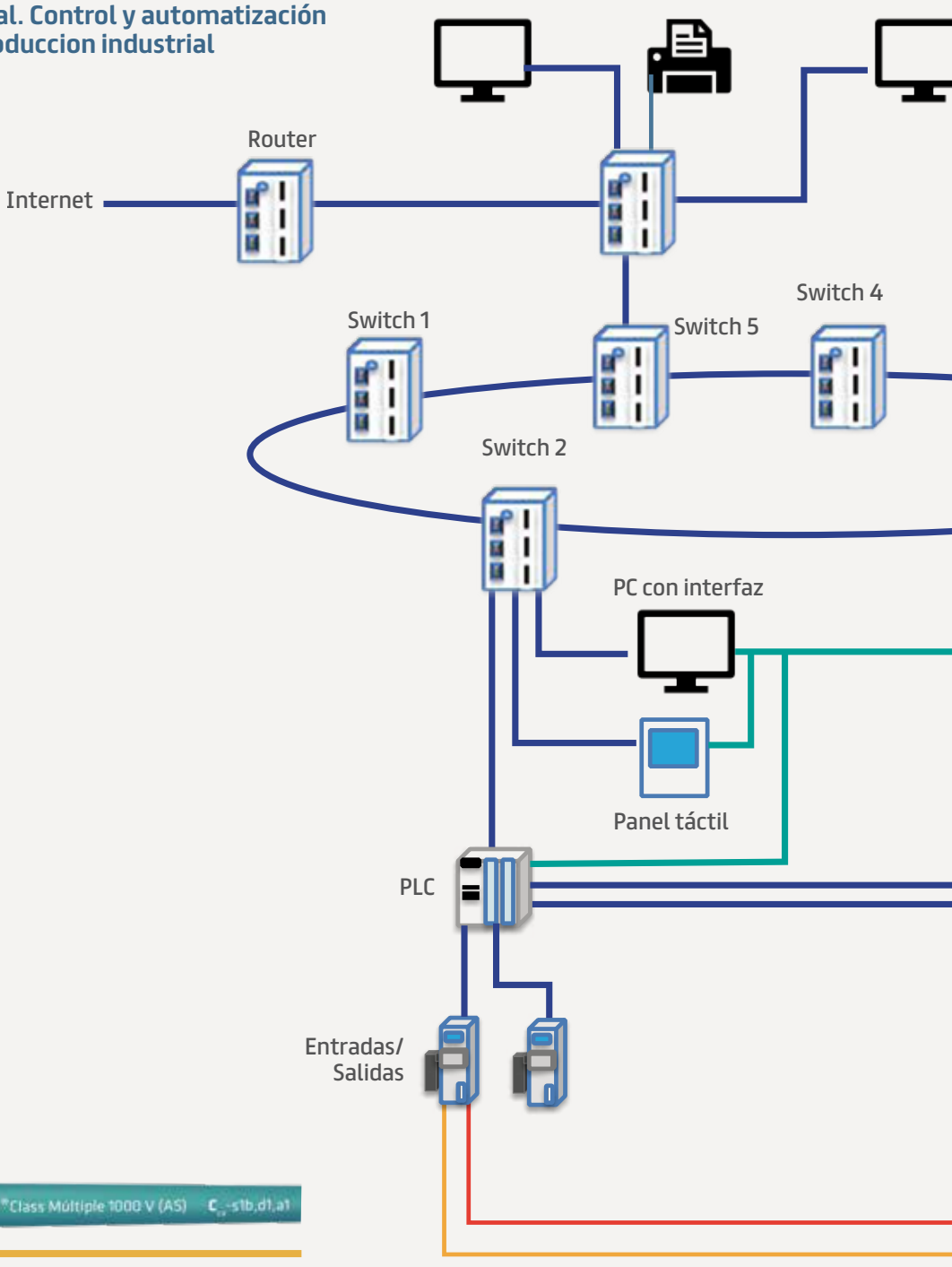
Cable de especiales propiedades frente al fuego para alimentación y control de receptores para alumbrado en luminarias DALI. Máxima flexibilidad y pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.

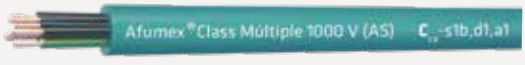
Par de control DALI (Afumex Class 1000 V (AS) 2x1,5 rojo y negro)



3.12. Industrial

3.13. Industrial. Control y automatización cadena de produccion industrial





Afumex® Class Múltiple 1000 V (AS)

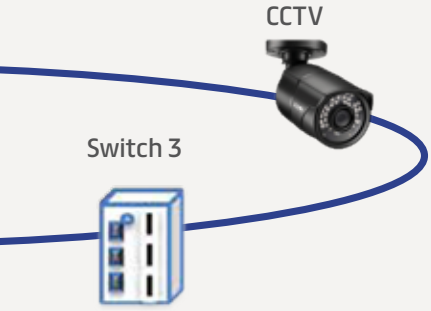
Control digital.

UC500 U/UTP Cat. 6A TP

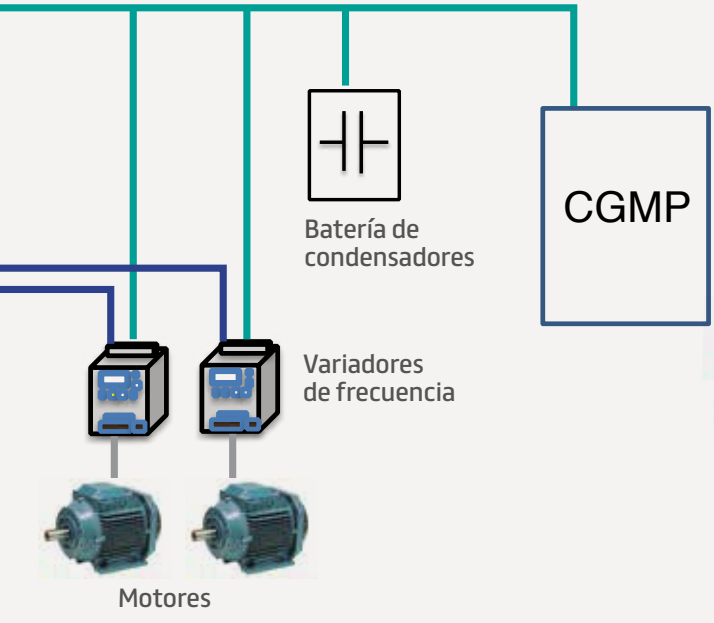
Cableado estructurado de cobre, con cuatro pares trenzados, categoría 6A y Euroclase C_{ca} clase C_{ca}-s1a,d1,a1 / Diseño renovado con un diámetro de apenas 7,55 mm, resistencia a la tracción de 100N y cubierta libre de halógenos.

Afumex® Class 1000 V (AS)

Cable flexible con especiales propiedades frente al fuego / Máxima pelabilidad gracias a su capa especial antiadherente / Limpio y ecológico: ausencia de talco o aceites.



Afumex® Class Varinet RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS) o Blindex® Protech 1000 V (AS) (secciones pequeñas).



Datax LiYCY ® CPRO o Blindex® Protech 500 V (AS)

(Instrumentación/control analógico)

4. Cables para instalaciones interiores o receptoras

Prysmian Group

4.1. Afumex

Prysmian Group

AFUMEX CLASS 500 V (AS) - ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE 211002
Designación genérica: ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

CPR COMPLIANT

Cca CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003863

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia al frío

Cable flexible

Alta seguridad

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflmadas: UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS 500 V (AS) - ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	300/500 V
Norma diseño:	UNE 211002
Designación genérica:	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.
Colores: Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo, negro y blanco.

Aplicaciones

Cable extradeslizante de alta seguridad para circuitos de señalización o mando, timbres, alarmas domésticas o similares.

AFUMEX CLASS 500 V (AS) - ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE 211002
Designación genérica: ES05Z1-K TYPE 2 (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 0,5	0,6	2,1	9	39	7,5	85,79	68,76
1 x 0,75	0,6	2,3	11	26,0	10	58,39	46,83
1 x 1	0,6	2,8	14	19,5	12	43,13	34,62

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+) - SOZ1-K (AS+)

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE 211025; UNE-EN 50288-7
Designación genérica: SOZ1-K (AS+)

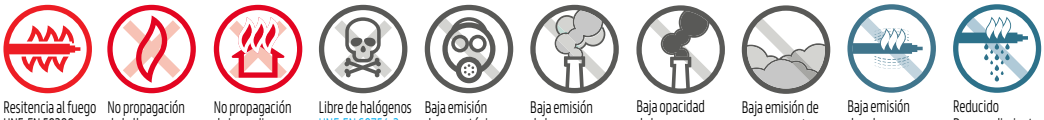
CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1005432

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop



Resitencia al fuego UNE-EN 50200 IEC 60331-1/2
No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2
No propagación de incendio UNE-EN 50399 UNE-EN 60332-3-24 IEC 60332-3-24
Libre de halógenos UNE-EN 60754-2 UNE-EN 60754-1 IEC 60754-2 IEC 60754-1
Baja emisión de gases tóxicos UNE-EN 60754-2 NFC 20454. It=1 DEF-STAN 02-713
Baja emisión de humos UNE-EN 50399
Baja opacidad de humos UNE-EN 61034-2 IEC 61034-2
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 IEC 60754-2 NFC 20453
Baja emisión de calor UNE-EN 50399
Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas EN 50399

Cable flexible
Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -15 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- Resistencia al fuego
  UNE-EN 50200 PH120 (842 °C, 120 min.); IEC 60331-1/2.
- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  EN 60754-2; UNE-EN 60754-1; IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+) - SOZ1-K (AS+)

Tensión asignada:	300/500 V
Norma diseño:	UNE 211025; UNE-EN 50288-7
Designación genérica:	SOZ1-K (AS+)

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: Flexible, clase 5 según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: Silicona.
Colores: Rojo y negro.
Reunión: Conductores trenzados.

3. Pantalla metálica

Material: cinta de aluminio/poliéster + hilo de drenaje de 0,22 mm². Solape del 25 % (cobertura 100 %).

4. Cubierta

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX.
Color: naranja (según UNE 211025).

Aplicaciones

Cable resistente al fuego (AS+), con clase de reacción al fuego C_{ca}-s1b,d1,a1, con conductores trenzados y apantallado con cinta de aluminio-poliéster más hilo de drenaje. Especialmente diseñado para seguir prestando servicio en condiciones extremas durante un incendio.

Cumple con el RIPCI (RD 513/2017).

- Circuitos de alarmas, detectores y pulsadores de sistemas contra incendios (ITC-BT 28).
- Sistema de alarma apto para mensajes por megafonía en locales de pública concurrencia con aforo de más de 500 personas (CTE, DBSI, sección SI 4, pto. 1).

Ver esquemas de aplicación en apartados: 3.7. y 3.11.

AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+) - SOZ1-K (AS+)

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE 211025; UNE-EN 50288-7
Designación genérica: SOZ1-K (AS+)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm^2)	Diámetro exterior (mm) (1)	Radio mínimo de curvatura (mm)	Peso total (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible en bandeja perforada o rejilla (2) (A)	Intensidad máxima admisible bajo tubo (3) (A)	Caída de tensión (V/A km)	
							cos Φ = 1 o corriente continua	cos Φ = 0,8
2 x 1,5	8,40	66	102	13,3	24	20	30,98	24,92

(1) Valores aproximados.

(2) Monofásica o continua. Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) con temperatura ambiente 40 °C. Tabla B.52.12. Método E.

(3) Monofásica o continua. Instalación bajo tubo en montaje superficial o empotrado en pared de mampostería (temperatura ambiente 40 °C). Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52). Tabla B.52.3. Método B2.

AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-K TYPE 2 (AS)

CPR COMPLIANT

Cca CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003887

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia al frío

Cable flexible

Alta seguridad

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para ES05Z1-K TYPE 2 (AS) y 2500 V para H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

Aplicaciones

Cable extradeslizante especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos,etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable como por ejemplo: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios, etc. o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción:

- Derivaciones individuales (ITC-BT 15).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
- Cableado interior de cuadros (ITC-BT 28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.
Colores: Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada: 450/750 V
Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1 x 6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1 x 16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1 x 25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1 x 35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1 x 50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1 x 70	1,4	16,0	700	0,272	155	0,64	0,61
1 x 95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46
1 x 120	1,6	20,2	1130	0,161	216	0,36	0,38
1 x 150	1,8	22,5	1410	0,127	247	0,29	0,33
1 x 185	2,0	20,6	1770	0,106	281	0,26	0,28
1 x 240	2,2	28,4	2300	0,0801	330	0,18	0,24

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

AFUMEX CLASS HAZ (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-K TYPE 2 (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003887

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia al frío

Cable flexible

Alta seguridad

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS HAZ (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

Con hilo de mando
Incluye el cable de mando o comunicación rojo de 1,5 mm², que también podrá usarse para maniobra del circuito de recarga del vehículo eléctrico.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde y rojo de 1,5 mm².

Aplicaciones

Cable de alta seguridad especialmente diseñado para derivaciones individuales.

• Derivaciones individuales (ITC-BT 15).

AFUMEX CLASS HAZ (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Tensión asignada: 450/750 V
Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
3 G 10 + 1 X 1,5	1,0	12,9	347	1,91	46	4,36	3,59
3 G 16 + 1 X 1,5	1,0	15,4	502	1,21	63	2,74	2,29
3 G 25 + 1 X 1,5	1,2	18,9	772	0,780	82	1,75	1,48
3 G 35 + 1 X 1,5	1,2	25,2	1073	0,554	101	1,25	1,09
5 G 10 + 1 X 1,5	1,0	16,6	575	1,91	43	3,79	3,13
5 G 16 + 1 X 1,5	1,0	19,5	840	1,21	59	2,38	1,99

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a (3G).

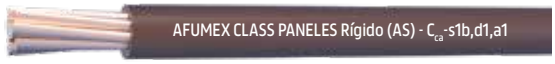
Instalación trifásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC3 con instalación tipo B1 → columna 5a (5G).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS) - H07Z1-R TYPE 2 (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-R TYPE 2 (AS)



CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1005432

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia al frío

Alta seguridad

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

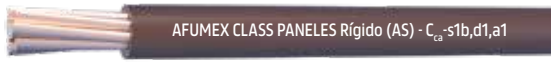
- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS) - H07Z1-R TYPE 2 (AS)

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica:	H07Z1-R TYPE 2 (AS)



Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: rígido, clase 2, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.
Colores: azul, gris, marrón y rojo.

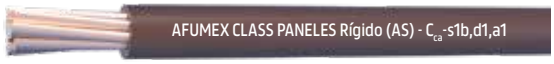
Aplicaciones

Cable especialmente diseñado para el cableado de centralizaciones de contadores.

- Centralización de contadores (ITC-BT 16).
- Cableado de cuadros (ITC-BT 28).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D 314/2006, art.11).

AFUMEX CLASS PANELES Rígido (AS) - H07Z1-R TYPE 2 (AS)

Tensión asignada: 450/750 V
Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31
Designación genérica: H07Z1-R TYPE 2 (AS)



Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm^2)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 X 1,5	0,7	3,4	20	12,1	14,5	28,84	23,22
1 X 2,5	0,8	4,1	32	7,41	20	17,66	14,25
1 X 4	0,8	4,8	46	4,61	26	10,99	8,91
1 X 6	0,8	5,3	65	3,08	34	7,34	5,99
1 X 10	1,0	6,8	111	1,83	46	4,36	3,59
1 X 16	1,0	8,1	164	1,15	63	2,74	2,29

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

AFUMEX PANELES Flex - H05Z-K (500 V) - H07Z-K (750 V)

Tensión asignada:	300/500 V - 450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-3-41
Designación genérica:	H05Z-K - H07Z-K

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Resistencia al frío

Cable flexible

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Tensión asignada: 300/500 V (H05Z-K) hasta 1 mm^2 y 450/750 V (H07Z-K) desde 1,5 mm^2.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para H05Z-K y 2500 V para H07Z-K.

Ensayos de fuego

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.

AFUMEX PANELES Flex - H05Z-K (500 V) - H07Z-K (750 V)

Tensión asignada:	300/500 V - 450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-3-41
Designación genérica:	H05Z-K - H07Z-K

Cable termoestable
Mayor temperatura de servicio -40°C + 90°C → mayor intensidad asumible.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla especial termoestable, cero halógenos, AFUMEX tipo EI 5 según UNE-EN 50363-5.
Color: gris.

Aplicaciones

Cable especialmente diseñado para el cableado de cuadros de protección, mando y/o control de máquinas.

NOTA: para otros tipos de cuadros ver Afumex Class 750 V (AS), Afumex Class Paneles Rígido (AS) ó Afumex Class 1000 V (AS)

AFUMEX PANELES Flex - H05Z-K (500 V) - H07Z-K (750 V)

Tensión asignada: 300/500 V - 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-3-41
Designación genérica: H05Z-K - H07Z-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (3)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 0,5	0,7	2,3	10	39	10,5	85,79	68,76
1 x 0,75	0,7	2,5	12	26	13,5	59,39	46,83
1 x 1	0,7	2,7	15	19,5	16	43,13	34,62
1 x 1,5	0,7	3	20	13,3	20	30,98	24,46
1 x 2,5	0,8	3,6	31	7,98	28	18,66	15,06
1 x 4	0,8	4,1	45	4,95	38	11,68	9,46
1 x 6	0,8	4,6	64	3,3	49	7,9	6,43
1 x 10	1,0	6,1	108	1,91	68	4,67	3,84
1 x 16	1,0	7,2	160	1,21	91	2,94	2,45

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ XLP2 con instalación tipo B1 → columna 10b, (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52) excepto 0,5; 0,75 y 1 que han 60364-5-52 para el mismo sistema de instalación (B1 + XLPE2).

(3) Instalación monofásica (para trifásica dividir por 1,15).

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003875

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  EN 50399.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1-K (AS)

Máxima pelabilidad
Gracias a la capa especial antiadherente se puede retirar la cubierta fácil y rápidamente. Un importante ahorro de tiempo de instalación.

Limpio y ecológico
La ausencia de talco y aceites de silicona permite un ambiente de trabajo más límpio y con menos partículas contaminantes.

Aplicaciones

Cable de fácil pelado especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings y túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.

Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14). -Derivaciones individuales ITC-BT 15) -Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20). -Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28). -Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29). -Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004. -Edificios en general (Código técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

NOTA: para tuneles ferroviarios consultar a Prysmian. La normativa europea exige clase $B2_{ca}$ -s1a, d1, a1.

Construcción

1. Conductor
Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento
Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1. Unipolares color natural.

3. Elemento separador
Capa especial antiadherente.

4. Relleno (si aplica)
Material: mezcla LSOH libre de halógenos.

5. Cubierta
Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX UNE 21123-4.
Color: verde.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	7	67	13,3	21	21	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	7,5	79	7,98	30	27	15,92	12,88
1 x 4	0,7	8	97	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	8,5	120	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	9,6	167	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	10,6	226	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	12,3	321	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	13,8	421	0,55	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	15,4	579	0,38	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	17,3	780	0,27	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	19,2	995	0,20	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	21,3	1240	0,16	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	23,4	1529	0,12	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	25,6	1826	0,10	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	28,6	2383	0,08	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	31,3	2942	0,06	630	380	0,14	0,19
1 x 400	2	36	3921	0,05		446	0,11	0,17
2 x 1,5	0,7	10	134	13,3	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	10,9	169	7,98	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	11,8	213	4,95	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	12,9	271	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	15,2	399	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	17,7	566	1,21	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	168	140	1,34	1,16
2 x 50	1	Consultar	Consultar	0,38	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	10,4	150	13,3	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	11,4	193	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	12,4	250	4,95	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	13,6	324	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	16	486	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	18,7	696	1,21	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	Consultar	Consultar	0,38	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	Consultar	Consultar	0,27	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	Consultar	Consultar	0,20	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	Consultar	Consultar	0,16	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	Consultar	Consultar	0,12	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	Consultar	Consultar	0,10	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	Consultar	Consultar	0,08	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	Consultar	Consultar	0,06	549	380	0,14	0,18.../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS 1000 V (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../... 3 x 25/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,780/1,21	115	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,554/1,21	143	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1,0/0,9	Consultar	Consultar	0,386/0,780	174	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1,1/0,9	Consultar	Consultar	0,272/0,554	223	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1,1/1,0	Consultar	Consultar	0,206/0,386	271	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1,2/1,1	Consultar	Consultar	0,161/0,272	314	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1,4/1,1	Consultar	Consultar	0,129/0,272	359	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1,6/1,1	Consultar	Consultar	0,106/0,206	409	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1,7/1,2	Consultar	Consultar	0,0801/0,161	489	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1,8/1,4	Consultar	Consultar	0,0641/0,129	549	380	0,14	0,18
4 G 1,5	0,7	11,2	173	13,3	20	21	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	12,3	227	7,98	28	27	16,23	13,1
4 G 4	0,7	13,4	298	4,95	38	35	10,16	8,23
4 G 6	0,7	14,7	391	3,3	49	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	17,5	593	1,91	68	58	4,06	3,34
4 G 16	0,7	20,4	855	1,21	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	24,3	1267	0,78	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	28,4	1792	0,55	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1,0	32,5	2439	0,38	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	37,1	3359	0,27	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	41,2	4276	0,20	271	202	0,43	0,42
4 x 120	1,2	46,7	5500	0,16	314	230	0,34	0,35
4 x 150	1,4	51,8	6750	0,12	359	260	0,28	0,3
4 x 185	1,6	57,6	8172	0,10	409	291	0,22	0,26
4 x 240	1,7	64,4	10642	0,08	489	336	0,17	0,21
5 G 1,5	0,7	12	202	13,3	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	13,3	266	7,98	28	27	16,23	13,1
5 G 4	0,7	14,5	351	4,95	38	35	10,16	8,23
5 G 6	0,7	16	467	3,3	49	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	19	711	1,91	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	22,2	1028	1,21	91	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	26,6	1529	0,78	115	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	31,4	2169	0,55	143	117	1,17	1,01
5 G 50	1,0	35,2	2969	0,38	174	138	-	-

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS MANDO (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003875

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS MANDO (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1-K (AS)

Máxima pelabilidad
Gracias a la capa especial antiadherente se puede retirar la cubierta fácil y rápidamente. Un importante ahorro de tiempo de instalación.

Limpio y ecológico
La ausencia de talco y aceites de silicona permite un ambiente de trabajo más límpio y con menos partículas contaminantes.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.
Colores: Amarillo/verde, azul, marrón, negro, gris y rojo de sección 1,5 mm^2.

3. Elemanto separador

Capa especial antiadherente.

4. Relleno

Material: mezcla LSOH libre de halógenos.

5. Cubierta

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX UNE 21123-4.
Color: verde.

Aplicaciones

Cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente diseñado para derivaciones individuales subterráneas.

• Derivaciones individuales (ITC-BT 15).

AFUMEX CLASS MANDO (AS) - RZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
3 G 6 + 1 x 1,5	Consultar	Consultar	3,3	41	53	7,90	6,42
3 G 10 + 1 x 1,5	16,1	492	1,91	57	70	4,67	3,84
3 G 16 + 1 x 1,5	18,6	699	1,21	77	91	2,94	2,45
3 G 25 + 1 x 1,5	22,1	1026	0,78	100	116	1,86	1,59
5 G 35 + 1 x 1,5	25,4	1377	0,554	124	140	1,34	1,16

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ XLPE2 con instalación tipo B2 → columna 8b.

(3) Instalación enterrada monofásica, bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándard de 2,5 Km/W.
→ XLPE2 con instalación tipo D1.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS FIRS (AS+) - mRZ1-K (AS+)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 211025
Designación genérica: mRZ1-K (AS+)

CPR COMPLIANT

Cca CPR
C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003878

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

Resitencia al fuego UNE-EN 50200 IEC 60331-1/-2

No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2

No propagación de incendio UNE-EN 50399 UNE-EN 60332-3-24 IEC 60332-3-24

Libre de halógenos UNE-EN 60754-2 UNE-EN 60754-1 IEC 60754-2 IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos UNE-EN 60754-2 NFC 20454. It=1 DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos UNE-EN 61034-2 IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 IEC 60754-2 NFC 20453

Baja emisión de calor UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

AFUMEX AS
Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- Resistencia al fuego:
  UNE-EN 50200 PH120 (842 °C, 120 min.); IEC 60331-1/-2.
- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1/-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS FIRS (AS+) - mRZ1-K (AS+)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 211025
Designación genérica: mRZ1-K (AS+)

Máxima resistencia al fuego
Los cables Afumex Class Firs (AS+) son PH120. Máxima duración del ensayo de resistencia al fuego: 120 minutos a 842 °C de temperatura.

Integridad de aislamiento durante el pelado de la cubierta
El aislamiento de los cables Afumex Class Firs (AS+) no se desgarra al retirar la cubierta.

Máxima pelabilidad
Gracias a la capa especial antiadherente se puede retirar la cubierta fácil y rápidamente. Un importante ahorro de tiempo de instalación.

Limpio y ecológico
La ausencia de talco y aceites de silicona permite un ambiente de trabajo más límpio y con menos partículas contaminantes.

Aplicaciones

Cable de fácil pelado, especialmente diseñado para seguir prestando servicio en condiciones extremas durante un incendio.

Adecuado para circuitos de servicios de seguridad no autónomos o con fuentes autónomas centralizadas: (alumbrado de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores...).

Para la alimentación de extractores y ventiladores para control de humo de incendio en garajes, aparcamientos, cocinas industriales, establecimientos comerciales o públicos y atrios (ver Código Técnico de la Edificación DB-SI 3 punto 8).

Cumple con el RIPCI (RD 513/2017).

• Servicios de seguridad no autónomos o servicios con fuentes autónomas centralizadas (ITC-BT 28).
• Extractores y ventiladores para control de humo de incendio en garajes, aparcamientos, cocinas industriales, establecimientos públicos y atrios CTE, DB-SI 3 punto 8).

Ver esquemas de aplicación en apartados: 1.2., 1.3. y 3.7.

Construcción

1. Conductor
Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Elemento para resistencia al fuego
Cinta de mica.

3. Aislamiento
Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.
Colores: Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro según UNE 21089-1. Unipolares color natural.

4. Relleno (si aplica)
Material: mezcla LSOH libre de halógenos.

5. Cubierta
Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX UNE 21123-4.
Color: naranja.

AFUMEX CLASS FIRS (AS+) - mRZ1-K (AS+)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 211025
Designación genérica: mRZ1-K (AS+)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	7	67	13,3	21	21	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	7,5	79	7,98	30	27	15,92	12,88
1 x 4	0,7	8	97	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	8,5	120	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	9,6	167	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	10,6	226	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	12,3	321	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	13,8	421	0,55	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1,0	15,4	579	0,38	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	17,3	780	0,27	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	19,2	995	0,20	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	21,3	1240	0,16	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	23,4	1529	0,12	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	25,6	1826	0,10	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	28,6	2383	0,08	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	31,3	2942	0,06	630	380	0,14	0,19
1 x 400	2,0	36	3921	0,05		446	0,11	0,17
2 x 1,5	0,7	10	134	13,3	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	10,9	169	7,98	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	11,8	213	4,95	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	12,9	271	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	15,2	399	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	17,7	566	1,21	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	168	140	1,34	1,16
2 x 50	1,0	Consultar	Consultar	0,38	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	10,4	150	13,3	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	11,4	193	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	12,4	250	4,95	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	13,6	324	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	16	486	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	18,7	696	1,21	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1,0	Consultar	Consultar	0,38	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	Consultar	Consultar	0,27	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	Consultar	Consultar	0,20	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	Consultar	Consultar	0,16	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	Consultar	Consultar	0,12	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	Consultar	Consultar	0,10	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	Consultar	Consultar	0,08	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	Consultar	Consultar	0,06	549	380	0,14	0,18.../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS FIRS (AS+) - mRZ1-K (AS+)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 211025
Designación genérica: mRZ1-K (AS+)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
3 x 25/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,780/1,21	115	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0,9/0,7	Consultar	Consultar	0,554/1,21	143	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1,0/0,9	Consultar	Consultar	0,386/0,780	174	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1,1/0,9	Consultar	Consultar	0,272/0,554	223	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1,1/1,0	Consultar	Consultar	0,206/0,386	271	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1,2/1,1	Consultar	Consultar	0,161/0,272	314	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1,4/1,1	Consultar	Consultar	0,129/0,272	359	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1,6/1,1	Consultar	Consultar	0,106/0,206	409	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1,7/1,2	Consultar	Consultar	0,0801/0,161	489	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1,8/1,4	Consultar	Consultar	0,0641/0,129	549	380	0,14	0,18
4 G 1,5	0,7	Consultar	Consultar	13,3	20	21	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	Consultar	Consultar	7,98	28	27	16,23	13,1
4 G 4	0,7	13,4	298	4,95	38	35	10,16	8,23
4 G 6	0,7	Consultar	Consultar	3,3	49	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	17,5	593	1,91	68	58	4,06	3,34
4 G 16	0,7	Consultar	Consultar	1,21	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	24,3	1267	0,78	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	Consultar	Consultar	0,55	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1,0	Consultar	Consultar	0,38	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	37,1	3359	0,27	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	41,2	4276	0,20	271	202	0,43	0,42
4 x 120	1,2	Consultar	Consultar	0,16	314	230	0,34	0,35
4 x 150	1,4	51,8	6750	0,12	359	260	0,28	0,3
4 x 185	1,6	57,6	8172	0,10	409	291	0,22	0,26
4 x 240	1,7	64,4	10642	0,08	489	336	0,17	0,21
5 G 1,5	0,7	12	202	13,3	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	Consultar	Consultar	7,98	28	27	16,23	13,1
5 G 4	0,7	Consultar	Consultar	4,95	38	35	10,16	8,23
5 G 6	0,7	16	467	3,3	49	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	Consultar	Consultar	1,91	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	Consultar	Consultar	1,21	91	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	Consultar	Consultar	0,78	115	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	31,4	2185	0,55	143	117	1,17	1,01

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4G, 4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x, 4G, 4x, 5G trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS) - Z1Z1-K (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: Z1Z1-K (AS)

CPR COMPLIANT

Cca CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1005483

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

AFUMEX AS
Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas: UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS) - Z1Z1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	IEC 60502-1
Designación genérica:	Z1Z1-K (AS)

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: poliolefinas Z1
Colores: 1 conductor amarillo/verde y el resto negros numerados.

3. Cubierta

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX Z1.
Color: verde.

Aplicaciones

Cable de alta seguridad (AS) de fácil pelado y alta flexibilidad, para control de electroválvulas, caudalímetros sensores de nivel, para arranque de máquinas, arranque de autómatas, telerruptores, etc.

Cable para control digital especialmente adecuado para instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos,etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles de carreteras, locales de dificil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable (instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc.) o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego o la ecología de los productos de construcción.

- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

Ver esquema de aplicación en apartado: 3.13.

AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS) - Z1Z1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: Z1Z1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (3)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
6 G 1,5	0,7	12,2	232	13,3	11	30,98	24,92
8 G 1,5	0,7	13,2	282	13,3	9,5	30,98	24,92
10 G 1,5	0,7	15,4	353	13,3	8	30,98	24,92
12 G 1,5	0,7	15,9	395	13,3	7	30,98	24,92
14 G 1,5	0,7	16,6	445	13,3	7	30,98	24,92
16 G 1,5	0,7	17,5	499	13,3	7	30,98	24,92
19 G 1,5	0,7	18,5	571	13,3	7	30,98	24,92

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
(UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52) Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores considerados todos 100% cargados.

(3) Valores entre dos conductores activos de un mismo circuito monofásico.

AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1MZ1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1a,d1,a1

Nº DoP 1003880

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Alta seguridad

Resistencia a los golpes

Resistencia a los roedores

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1a,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1MZ1-K (AS)

Mayor protección mecánica
Alta densidad de armadura. Mayor cobertura.

Muy baja opacidad de humos
Transparencia de humos durante la combustión superior al 80%.

En instalaciones donde sea preciso proteger los cables contra agresiones mecánicas, tales como esfuerzos de tración, de cizalladura, contra ro

Aplicaciones

En instalaciones donde sea preciso proteger los cables contra agresiones mecánicas, tales como esfuerzos de tración, de cizalladura, contra roedores (cables unipolares y multipolares). O contra el riesgo de deflagración en ambientes de atmósfera explosiva o con riesgo de incendio, etc. (solo cables multipolares por su armadura de hilos de acero).

- Redes subterráneas de distribución (ITC-BT 07).
- Redes subterráneas de alumbrado exterior (ITC-BT 09).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (ITC-BT 29) (sólo cables multipolares).

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1.

3. Cubierta interior

Material: poliolefinas Z1 según UNE-HD 603-1.

4. Armadura

Material:
- Hilos de acero (RZ1MZ1-K (AS)).
- Hilos de aliminio (RZ1MAZ1-K (AS)) (cables unipolares).

5. Cubierta exterior

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX.
Color: verde

AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1MZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 ° (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 1,5	0,7	2,9	12,7	326	13,3	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	3,4	13,6	378	7,98	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	4,0	14,8	446	4,95	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	4,5	15,9	527	3,30	57	53	7,9	6,42
2 x 10	0,7	5,4	18,5	739	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	6,7	21,1	961	1,21	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	8,5	26,0	1500	0,780	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	9,6	28,3	1800	0,554	168	140	1,35	1,16
2 x 50	1,0	11,2	31,7	2293	0,386	204	166	0,99	0,89
2 x 70	1,1	13,0	35,7	2940	0,272	262	204	0,69	0,64
2 x 95	1,1	14,9	40,6	3890	0,206	320	241	0,49	0,48
3 x 1,5	0,7	2,9	13,2	350	13,3	20	21	26,94	21,67
3 G 2,5	0,7	3,4	14,2	410	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	4,0	15,4	495	4,95	44	42	11,68	9,46
3 x 6	0,7	4,5	16,6	593	3,30	49	44	6,87	5,59
3 x 10	0,7	5,4	19,4	847	1,91	68	58	4,06	3,34
3 x 16	0,7	6,7	22,2	1114	1,21	91	75	2,56	2,13
3 x 25	0,9	8,5	27,4	1747	0,780	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	9,6	29,8	2136	0,554	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1,0	11,2	33,7	2752	0,386	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	13,0	39,0	3814	0,272	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	14,9	43,6	4752	0,206	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	17,0	48,1	5771	0,161	314	230	0,34	0,35
3 x 185	1,6	21,3	60,2	9100	0,108	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	24,0	67,6	11488	0,801	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	26,1	74,9	13914	0,0641	549	380	0,14	0,18
4 x 1,5	0,7	2,9	14,2	398	13,3	20	21	26,94	21,67
4 x 2,5	0,7	3,4	15,2	475	7,98	28	27	16,23	13,1
4 x 4	0,7	4,0	16,7	575	4,95	38	35	10,16	8,23
4 x 6	0,7	4,5	18,7	757	3,30	49	44	6,87	5,59
4 x 10	0,7	5,4	21,0	998	1,91	68	58	4,06	3,34
4 x 16	0,7	6,7	25,4	1495	1,21	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	8,5	29,7	2088	0,780	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	9,6	32,6	2587	0,554	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1,0	11,2	37,5	3418	0,386	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	13,0	43,0	4708	0,272	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	14,9	47,6	5813	0,206	271	202	0,43	0,42 .../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 4x, 4G, trifásica).
(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 → 2x, 3G monofásica.
→ XLPE2 con instalación tipo Método tipo D1/D2 → 3x, 4x, 4G, trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Para locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) el REBT establece que los conductores deberán reducir un 15% su intensidad admisible para instalación convencional (ITC-BT 29, pto. 9.1.). Por ello, en tales casos se deberán reducir los valores de las tablas.

AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1MZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 ° (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../... 5 G 1,5	0,7	2,9	15,5	467	13,3	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	3,4	16,8	557	7,98	28	27	16,23	13,1
5 G 4	0,7	4,0	19,1	752	4,95	38	35	10,16	8,23
5 G 6	0,7	4,5	20,6	900	3,30	49	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	5,4	23,1	1184	1,91	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	6,7	27,3	1729	1,21	91	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	8,5	32,2	2436	0,780	115	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	9,6	35,9	3086	0,554	143	117	1,17	1,01
5 G 50	1,0	11,2	41,3	4262	0,386	174	138	0,86	0,77
5 G 70	1,1	13,0	46,3	5552	0,272	223	170	0,6	0,56
5 G 95	1,1	14,9	53,5	7355	0,206	271	202	0,43	0,42

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo → columna 10b (5G, trifásica).
→ XLP3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu) → 5G, trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Para locales con riesgo de incendio o explosión (zonas ATEX) el REBT establece que los conductores deberán reducir un 15% su intensidad admisible para instalación convencional (ITC-BT 29, pto. 9.1.). Por ello, en tales casos se deberán reducir los valores de las tablas.

AFUMEX CLASS ATEX (AS) - RZ1MZ1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1MZ1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
RZ1MAZ1-K (AS)									
1 x 25	0,9	8,5	17,4	554	0,780	122	96	1,59	1,37
1 x 50	1,0	11,2	20,2	836	0,386	188	138	0,85	0,77
1 x 95	1,1	14,9	24,5	1337	0,206	298	202	0,42	0,43
1 x 150	1,4	19,1	28,7	1939	0,129	401	260	0,27	0,31
1 x 240	1,7	24,0	34,4	2917	0,801	545	336	0,17	0,22
1 x 400	2	30,5	42,3	4641	0,0486	-	-	0,11	0,17

(1) Valores aproximados (sujetos a tolerancias de fabricación)

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x, trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 → (1x, trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1015160

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Alta seguridad

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a las grasas y aceites

Resistencia a los golpes

Resistencia a los roedores

- Temperatura de servicio: -20 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Doble resistencia a hidrocarburos
Gracias a la formulación especial de las cubiertas interior y exterior el cable es idóneo para su instalación en industrias del sector petroquímico. Ambas cubiertas superan el ensayo UIC 985 OR (70 h en aceite mineral IRM 902 a 100 °C y 168 h en combustibles líquidos a 70 °C).

Mayor protección mecánica
Alta densidad de armadura. Mayor cobertura.

Aplicaciones

Especialmente diseñado para industria petroquímica por su resistencia a al a acciónde los hidrocarburos en cubierta interior y exterior (solo cables multipolares por su armadura de hilos de acero).

En instalaciones donde sea preciso proteger los cables contra agresiones mecánicas, tales como esfuerzos de tracción, de cizalladura, contra roedores (cables unipolares y multipolares). Contra el riesgo de deflagración en ambientes de atmósfera explosiva o con riesgo de incendio, etc.

Sólo cables multipolares por su armadura de hilos de acero.

Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).

Locales con riesgo de incendio o explosión (ITC-BT 29) sólo cables multipolares.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: Polietileno reticulado (XLPE).
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1.

3. Cubierta interior

Material: poliolefinas Z1 tipo ST8 según IEC 60502-1 **con resistencia a hidrocarburos según UIC 895 OR**.

4. Armadura

Material:
• Hilos de acero galvanizado (RZ1MZ1-K 2RH (AS)).
• Hilos de aliminio (RZ1MAZ1-K 2RH (AS)) (cables unipolares).

5. Cubierta exterior

Material: poliolefinas Z1 tipo ST8 según IEC 60502-1 **con resistencia a hidrocarburos según UIC 895 OR**.
Color: negro.

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro bajo armadura (mm) (1)	Diámetro hilos armadura (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (Kg/km²)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible (A)		
							Bajo tubo enterrado (2)	Al aire (3)	Enterrado directamente (4)
RZ1MAZ1-K (AS)									
1x6	4,5	10,6	1,6	13,4	282	3,3	44	57	49
1x10	5,4	11,5	1,6	14,3	341	1,91	58	79	65
1x25	8,5	15	1,6	17,8	571	0,78	96	135	107
1x35	9,6	16,2	1,6	19	686	0,554	115	169	129
1x50	10,7	17,3	1,6	20,1	840	0,386	135	207	153
1x70	12,8	19,4	1,6	22,2	1077	0,272	167	268	188
1x95	14,4	21,2	1,6	24	1321	0,206	197	328	226
1x95	14,4	21,2	1,6	24	1321	0,206	197	328	226
1x120	16,4	23,2	1,6	26	1597	0,161	223	383	257
1x150	18,2	25,0	1,6	27,8	1898	0,129	251	444	287
1x185	20,1	26,9	1,6	29,7	2232	0,106	281	510	324
1x240	23	29,8	1,6	32,8	2833	0,0801	324	607	375
1x300	26,1	32,9	1,6	36,5	3460	0,0641	365	703	419
1x400	30,5	38,1	2,0	41,9	4610	0,0486	-	823	-
1x500	33,9	42,3	2,0	46,5	5788	0,0384	-	946	-
1x630	37,3	45,7	2,0	50,1	7391	0,0287	N/A	N/A	N/A
RZ1MZ1-K (AS)									
2x1.5	2,9	10,7	0,9	13,5	369	13,3	25	26	27
2x2.5	3,4	11,5	0,9	14,3	419	7,98	33	36	35
2x4	4	12,7	0,9	15,5	483	4,95	43	49	46
2x6	4,5	13,8	0,9	16,6	560	3,3	53	63	58
2x10	5,4	16,3	1,25	19,1	800	1,91	71	86	77
2x16	6,7	18,9	1,25	21,7	1016	1,21	91	115	100
2x25	8,5	23,6	1,6	26,6	1564	0,78	116	149	129
2x35	9,6	25,9	1,6	28,9	1862	0,554	139	185	155
2x50	10,7	28,1	1,6	31,3	2257	0,386	164	225	183
2x50+1G25	10,7	28,5	1,6	31,7	2481	0,386	164	225	183
2x70	12,8	32,3	1,6	35,7	2882	0,272	203	289	225
2x95	14,4	36,6	2	40,4	3844	0,206	239	352	270
2x120	16,4	40,7	2	44,7	4607	0,161	271	410	306
2x150	18,2	44,3	2	48,5	5424	0,129	306	473	343
2x300	26,1	62,6	2,5	67,8	10336	0,0641	446	741	502
3G1.5	2,9	11,1	0,9	13,9	396	13,3	25	26	27
3G2.5	3,4	12	0,9	14,8	455	7,98	33	36	35
3G4	4	13,3	0,9	16,1	537	4,95	43	49	46
3G6	4,5	14,5	0,9	17,3	632	3,3	53	63	58
3G6	4,5	14,5	0,9	17,3	633	3,3	53	63	58
3G10	5,4	17,1	1,25	19,9	915	1,91	71	86	77
3G16	6,7	19,9	1,25	22,9	1202	1,21	91	115	100
3G25	8,5	25,1	1,6	28,1	1857	0,78	116	149	129
3G35	9,6	27,5	1,6	30,5	2233	0,554	139	185	155
3G50	10,7	29,8	1,6	33	2753	0,386	164	225	183

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro bajo armadura (mm) (1)	Diámetro hilos armadura (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (Kg/km²)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible (A)		
							Bajo tubo enterrado (2)	Al aire (3)	Enterrado directamente (4)
3G150	18,2	48,7	2,5	53,1	7336	0,129	306	473	343
3x1.5	2,9	11,1	0,9	13,9	396	13,3	21	23	23
3x2.5	3,4	12	0,9	14,8	455	7,98	28	32	30
3x4	4	13,3	0,9	16,1	537	4,95	36	42	39
3x6	4,5	14,5	0,9	17,3	632	3,3	44	54	49
3x10	5,4	17,1	1,25	19,9	915	1,91	58	75	65
3x16	6,7	19,9	1,25	22,9	1202	1,21	75	100	84
3x25	8,5	25,1	1,6	28,1	1858	0,78	96	127	107
3x25+1G16	8,5	26,5	1,6	29,5	2056	0,78	96	127	107
3x35	9,6	27,5	1,6	30,5	2233	0,554	115	158	129
3x35+1G16	9,6	28,6	1,6	31,6	2427	0,554	115	158	129
3x35+1N16+1G16	9,6	26	1,6	32,2	2625	0,554	115	158	129
3x50	10,7	29,8	1,6	33	2753	0,386	135	192	153
3x50+1G25	10,7	32,1	1,6	35,5	3135	0,386	135	192	153
3x50+1x25	10,7	27,9	1,6	34,3	3083	0,386	135	192	153
3x50+1N25+1G25	10,7	29,7	1,6	36,3	3419	0,386	135	192	153
3x70	12,8	35,6	2	39,4	3921	0,272	167	246	188
3x70+1G35	12,8	37,3	2	41,1	4342	0,272	167	246	188
3x70+1N35+1G35	12,8	34,3	2	42	4717	0,272	167	246	188
3x95	14,4	38,9	2	42,9	4761	0,206	197	298	226
3x95+1G50	14,4	40,9	2	44,9	5298	0,206	197	298	226
3x95+1N50+1G50	14,4	38,5	2	46,4	5892	0,206	197	298	226
3x120	16,4	43,3	2	47,3	5748	0,161	223	346	257
3x120+1G70	16,4	46,3	2	50,5	6604	0,161	223	346	257
3x120+1N70+1G70	16,4	44,1	2,5	53,3	7796	0,161	223	346	257
3x150	18,2	48,7	2,5	53,1	7336	0,129	251	399	287
3x150+1G70	18,2	50,7	2,5	55,1	8065	0,129	251	399	287
3x150+1N70+1G70	18,2	47,6	2,5	57	8938	0,129	251	399	287
3x185	20,1	53,3	2,5	57,9	8670	0,106	281	456	324
3x185+1G95	20,1	57	2,5	61,8	9880	0,106	281	456	324
3x185+1N95+1G95	20,1	52,4	2,5	63,3	10857	0,106	281	456	324
3x240	23	60	2,5	65	10902	0,0801	324	538	375
3x240+1G120	23	63,6	2,5	68,8	12309	0,0801	324	538	375
3x240+1N120+1G120	23	59,3	2,5	70,8	13573	0,0801	324	538	375
3x300	26,1	66,8	2,5	72,2	13107	0,0641	365	621	419
4G2.5	3,4	13,1	0,9	15,9	520	7,98	28	32	30
4G4	4	14,5	0,9	17,3	618	4,95	36	42	39
4G6	4,5	16,6	1,25	19,4	844	3,3	44	54	49
4G10	5,4	18,7	1,25	21,5	1079	1,91	58	75	65
4G16	6,7	23,1	1,6	26,1	1612	1,21	75	100	84
4G25	8,5	27,4	1,6	30,4	2201	0,78	96	127	107
4G35	9,6	30,1	1,6	33,3	2689	0,554	115	158	129
4G70	12,8	39	2	43	4780	0,272	167	246	188

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro bajo armadura (mm) (1)	Diámetro hilos armadura (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (Kg/km²)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible (A)		
							Bajo tubo enterrado (2)	Al aire (3)	Enterrado directamente (4)
4G95	14,4	42,7	2	46,7	5811	0,206	197	298	226
4x1.5	2,9	12	0,9	14,8	445	13,3	21	23	23
4x2.5	3,4	13,1	0,9	15,9	520	7,98	28	32	30
4x4	4	14,5	0,9	17,3	618	4,95	36	42	39
4x6	4,5	16,6	1,25	19,4	844	3,3	44	54	49
4x10	5,4	18,7	1,25	21,5	1079	1,91	58	75	65
4x25	8,5	27,4	1,6	30,4	2201	0,78	96	127	107
4x35	9,6	30,1	1,6	33,3	2689	0,554	115	158	129
4x35	9,6	30,1	1,6	33,3	2689	0,554	115	158	129
4x50	10,7	33,2	1,6	36,6	3418	0,386	135	192	153
4x70	12,8	39	2	43	4780	0,272	167	246	188
4x95	14,4	42,7	2	46,7	5811	0,206	197	298	226
4x120	16,4	49,1	2,5	53,5	7588	0,161	223	346	257
4x150	18,2	53,4	2,5	58,2	9037	0,129	251	399	287
4x150+1G70	18,2	57,9	2,5	62,7	10175	0,129	251	399	287
4x185	20,1	58,6	2,5	63,4	10664	0,106	281	456	324
4x185+1G95	20,1	62,8	2,5	68	12010	0,106	281	456	324
4x240	23	66,1	2,5	71,5	13546	0,0801	324	538	375
5G1.5	2,9	13,3	0,9	16,1	519	13,3	21	23	23
5G2.5	3,4	14,5	0,9	17,3	604	7,98	28	32	30
5G4	4	16,9	1,25	19,7	841	4,95	36	42	39
5G6	4,5	18,4	1,25	21,2	988	3,3	44	54	49
5G10	5,4	20,8	1,25	23,8	1281	1,91	58	75	65
5G16	6,7	25	1,6	28	1846	1,21	75	100	84
5G25	8,5	29,8	1,6	33	2567	0,78	96	127	107
5G35	9,6	33,3	1,6	36,7	3230	0,554	115	158	129
5G50	10,7	37	2	40,8	4332	0,386	135	192	153
5G70	12,8	42,7	2	46,7	5651	0,272	167	246	188
5G95	14,4	48,2	2,5	52,6	7410	0,206	197	298	226
5G150	18,2	52	2,5	63	10857	0,129	251	399	287
5G185	20,1	57,7	2,5	69,2	12899	0,106	281	456	324
6G1.5	2,9	14,2	0,9	17	563	13,3	21	23	23
6G6	4,5	19,7	1,25	22,7	1114	3,3	44	54	49
6x1.5	2,9	14,2	0,9	17	563	13,3	21	23	23
6x6	4,5	19,7	1,25	22,7	1114	3,3	44	54	49
7G1.5	2,9	13,5	0,9	16,3	541	13,3	21	23	23
7G2.5	3,4	15,6	1,25	18,4	754	7,98	28	32	30
7x1.5	2,9	13,5	0,9	16,3	541	13,3	21	23	23
7x2.5	3,4	15,6	1,25	18,4	754	7,98	28	32	30
9x2.5	3,4	18,9	1,25	21,7	939	7,98	28	32	30
10x1.5	2,9	17,1	1,25	19,9	802	13,3	21	23	23
10x2.5	3,4	18,9	1,25	21,7	965	7,98	28	32	30
12G2.5	3,4	19,4	1,25	22,2	1030	7,98	28	32	30

AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS) - RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1
Designación genérica: RZ1MZ1-K 2RH (AS)

Número de conductores x sección (mm^2)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro bajo armadura (mm) (1)	Diámetro hilos armadura (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (Kg/km^2)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad máxima admisible (A)		
							Bajo tubo enterrado (2)	Al aire (3)	Enterrado directamente (4)
12x1.5	2,9	17,6	1,25	20,4	848	13,3	21	23	23
12x2.5	3,4	19,4	1,25	22,2	1030	7,98	28	32	30
18x2.5	3,4	23	1,6	26	1464	7,98	28	32	30
19x1.5	2,9	20	1,25	23	1077	13,3	21	23	23
19x1.5	2,9	20	1,25	22,8	1089	13,3	21	23	23
19x2.5	3,4	23	1,6	26	1486	7,98	28	32	30
20x1.5	2,9	21,8	1,6	24,8	1284	13,3	21	23	23
20x2.5	3,4	24,3	1,6	27,3	1578	7,98	28	32	30
24x1.5	2,9	23,6	1,6	26,6	1422	13,3	21	23	23
24x2.5	3,4	26,4	1,6	29,4	1774	7,98	28	32	30

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación bajo tubo y enterrado temperatura del terreno 20 °C, resistividad térmica 2,5 K.m/W, y 0,7 m profundidad (UNE-HD 60364-5-52 tabla B.52.3 para monofásica y tabla B.52.5 para trifásica, método D1).

(3) Instalación al aire a 30 °C según UNE-HD 60364-5-52, en bandeja perforada o rejilla (UNE-HD 60364-5-52 tablas B.52.12 y B.52.13 método E multiconductores y F unipolares).

(4) Instalación directamente enterrado temperatura del terreno 20 °C, resistividad térmica 2.5 K.m/W, y 0,7 m profundidad (UNE-HD 60364-5-52 table B.52.3 para monofásica método D1 y tabla B.52.5 para trifásica método D2).

BLINDEX PROTECH 500 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: Basado EN 50288-7
Designación genérica: Z1C4Z1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR
C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1012076

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

AFUMEX AS
Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -15 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

BLINDEX PROTECH 500 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

Tensión asignada:	300/500 V
Norma diseño:	Basado EN 50288-7
Designación genérica:	Z1C4Z1-K (AS)

Alta protección electromagnética
Gracias a su pantalla de trenza de cobre con cobertura mínima del 60 %, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias. Lo que supone una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos. Los cables con pantallas de trenza de cobre, con coberturas inferiores al 60%, incumplen la normativa.

Aplicaciones

Cable de alta seguridad, libre de halógenos, flexible, apantallado con trenza de hilos de cobre para instrumentación, control analógico y/o señalización en entornos con interferencias electromagnéticas. Adecuado para regulación de temperatura de caudal, de nivel, de presión, de intensidad, de tensión, de válvulas motorizadas, etc. o para control de electroválvulas, arranque de máquinas, arranque de autómatas, telerruptores, etc.

- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código técnico de Edificación R.D. 314/2006, art.11).

Ver esquema de aplicación en apartado: 3.13.

Construcción

1. Conductor
Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento
Material: poliolefinas Z1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1. Amarillo/verde y negros numerados para más de 5 conductores.

3. Pantalla
Trenza de hilos de cobre desnudo con una cobertura mínima del 60 %. Cinta de poliester (bajo trenza).

4. Cubierta
Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX.
Color: verde.

BLINDEX PROTECH 500 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: Basado EN 50288-7
Designación genérica: Z1C4Z1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
					cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 1	7,3	67	19,5	14,5	43,24	34,83
2 x 1,5	7,7	81	13,3	19	28,83	23,22
3 G 1	7,6	83	19,5	14,5	43,24	34,83
3 G 1,5	8,1	102	13,3	19	28,83	23,22
4 G 1	8,1	97	19,5	12,5	37,6	30,28
4 G 1,5	8,9	124	13,3	16	25,07	25,07
5 G 1	9,0	119	19,5	12,5	37,60	34,83
5 G 1,5	9,8	149	13,3	16	25,07	23,22
8 G 1	10,6	177	19,5	8	43,24	34,83
8 G 1,5	11,6	221	13,3	10,5	28,83	23,22
12 G 1	12,5	250	19,5	6,5	43,24	34,83
12 G 1,5	13,7	307	13,3	8	28,83	23,22
16 G 1	13,9	306	19,5	5,5	43,24	34,83
16 G 1,5	17,9	480	13,3	6,5	28,83	23,22

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ PVC2 con instalación tipo E → columna 9a (2x y 3G, monofásica).
→ PVC3 con instalación tipo E → columna 7a (4G y 5G, trifásica). Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.
Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores.
Considerados todos 100 % cargados.

Valores de caídas de tensión para cables de más de 5 conductores, medidos entre conductor activo y conductor de protección (amarillo/verde).

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4; basado en IEC 60502-1
Designación genérica: Z1C4Z1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1012077

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -15 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE- 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4; basado en IEC 60502-1
Designación genérica:	Z1C4Z1-K (AS)

Alta protección electromagnética
Gracias a su pantalla de trenza de cobre con cobertura mínima del 60 %, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias. Lo que supone una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos. Los cables con pantallas de trenza de cobre, con coberturas inferiores al 60%, incumplen la normativa.

Aplicaciones

Cable de alta seguridad, libre de halógenos, flexible y apantallado con trenza de hilos de cobre para suministro de energía en entornos donde se quieran evitar las interferencias electromagnéticas y sea obligatorio instalar cables de alta seguridad (AS) o el riesgo de incendio no sea despreciable. Adecuado para alimentación de motores con variadores de frecuencia hasta 10 mm^2 (consultar fabricante de variadores).

Para secciones superiores consultar Afumex Class Varinet RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS).

- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código técnico de Edificación R.D. 314/2006, art.11).

Ver esquema de aplicación en apartado: 3.13.

Construcción

1. Conductor
Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento
Material: poliolefinas Z1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1.

3. Pantalla
Trenza de hilos de cobre desnudo con una cobertura mínima del 60 %.
Cinta de poliester (bajo trenza).

4. Cubierta
Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX.
Color: verde.

BLINDEX PROTECH 1000 V (AS) - Z1C4Z1-K (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4; basado en IEC 60502-1
Designación genérica: Z1C4Z1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 1,5	9,6	111	13,3	19	20	28,83	23,22
2 x 2,5	10,5	141	7,98	26	27	17,66	14,25
2 x 4	12,3	194	4,95	34	36	2,74	2,29
3 G 1,5	10,1	136	13,3	19	20	28,83	23,22
3 G 2,5	11,1	177	7,98	26	27	17,66	14,25
3 G 4	13,0	250	4,95	34	36	2,74	2,29
4 G 1,5	10,9	165	13,3	16	17	25,07	20,19
4 G 2,5	11,9	217	7,98	21	22	15,36	12,39
4 G 4	14,2	311	4,95	29	29	9,55	7,48
5 G 1,5	11,8	193	13,3	16	16	25,07	21,67
5 G 2,5	13,0	258	7,98	21	22	15,36	12,39
5 G 4	15,4	378	4,95	29	29	9,55	7,48

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ PVC2 con instalación tipo E → columna 9a (2x y 3G, monofásica).
→ PVC3 con instalación tipo E → columna 7a (4G y 5G, trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

(3) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W
→ PVC3 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (4G y 5G, trifásica).
→ PVC2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (2x, 3G, monofásica). Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores. Considerados todos 100 % cargados.

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1; UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1C40Z1-K (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR
C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1009672

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454, It=1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

AFUMEX AS
Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -15 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  EN 60332-1-2; EN 50399; EN 60754-2; EN 61034-2.

Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflmadas: UNE-EN 50399.

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	IEC 60502-1; UNE 21123-4
Designación genérica:	RZ1C40Z1-K (AS)

Alta protección electromagnética
Gracias a su doble pantalla de trenza de cobre con cobertura del 60 % y de cinta de aluminio/poliéster con cobertura del 100 %, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias. Lo que supone una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos. Los cables con pantallas de trenza de cobre, con coberturas inferiores al 60%, incumplen la normativa.

Aplicaciones

• Cable de alta seguridad y fácil pelado para interconexión entre variadores de frecuencia y motores.
• Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
• Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).

Ver esquema de aplicación en apartado: 2.25.13.

Construcción

1. Conductor
Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento
Material: mezcla polietileno reticulado (XLPE).
Colores:
Conductor de protección: 1 conductor (formaciones 4G) o 3 conductores colocados simétricamente, color amarillo/verde.
Fases: marrón, negro y gris, según UNE 21089-1.

3. Cubierta interna
Material: mezcla LSOH libre de halógenos tipo DMZ-E. Color negro.

4. Pantalla
Material: trenza de hilos de cobre pulido. Cobertura mímima 60%. Cinta de aluminio/poliéster con sobreposición del 20%.

5. Cubierta externa
Material: mezcla LSOH libre de halógenos tipo DMZ-E.
Color: negro.

AFUMEX CLASS VARINET RZ1C40Z1-K VFD 1 kV (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: IEC 60502-1; UNE 21123-4
Designación genérica: RZ1C40Z1-K (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (D) (mm) (1)	Radio mínimo de curvatura	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km (4)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
4G6	17,5	175	493	3,30	49	44	6,87	5,59
4G10	19,8	198	687	1,91	68	58	4,06	3,34
3x16 + 3G6	24,4	244	952	1,21 / 1,1	91	75	2,56	2,13
3x25 + 3G6	26,6	266	1282	0,78 / 1,1	115	96	1,62	1,38
3x35 + 3G6	27,8	278	1555	0,554 / 1,1	143	117	1,17	1,01
3x50 + 3G6	31,7	317	2194	0,386 / 1,1	174	138	0,86	0,77
3x70 + 3G16	37,5	375	3029	0,272 / 0,40	223	170	0,6	0,56
3x95 + 3G16	39,4	394	3665	0,206 / 0,40	271	202	0,43	0,42
3x120 + 3G25	46,3	463	4828	0,161 / 0,26	314	230	0,34	0,35
3x150+ 3G25	48,7	487	5690	0,129 / 0,26	359	260	0,28	0,3
3x185 + 3G35	53,8	538	6991	0,106 / 0,185	409	291	0,22	0,26
3x240 + 3G50	59,9	599	9126	0,080 / 0,129	489	336	0,17	0,21

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C) → XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b.

(3) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo Método D1/D2 (Cu).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

(4) En las formaciones con 3 conductores de protección (amarillo/verde) figura la resistencia total de los 3 conductores en paralelo. Es decir, un tercio de la resistencia de cada conductor.

AFUMEX EXPO - H07ZZ-F

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-3-21
Designación genérica:	H07ZZ-F

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454
DEF-STAN 02-713

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Servicios móviles

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a los golpes

- Temperatura de servicio: -25 °C, +85 °C. (servicio móvil); 40 °C, +85 °C (instalación fija). (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2500 V.

Ensayos de fuego

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.

AFUMEX EXPO - H07ZZ-F

Tensión asignada:	450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-3-21
Designación genérica:	H07ZZ-F

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 85 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: elastómero termoestable, libre de halógenos.
Colores: Marrón, negro, gris, azul y amarillo/verde (para cables hasta 5 conductores), en el resto de los casos un conductor amarillo verde y el resto negros numerados.

3. Cubierta

Material: poliolefina termoestable tipo AFUMEX.
Color: gris con franja verde.

Aplicaciones

Casetas de ferias, ferias comerciales, exposiciones, muestras e instalaciones eléctricas temporales en emplazamientos con público.

Cable flexible para servicios móviles, apropiado para conectar paneles de baja tensión con transformadores en aerogeneradores.

Equipos de retransmisión provisional, iluminación escénica ... y en general servicios no fijos en locales de pública concurrencia.

Alimentación desde toma de corriente de todo tipo de máquinas en locales públicos (recreativas, expendedoras, secamanos, etc.).

- Ferias y stands (ITC-BT 34, ITC-BT 28).
- Instalaciones provisionales o servicios móviles en locales de pública concurrencia (ITC-BT 34, ITC-BT 28).

AFUMEX EXPO - H07ZZ-F

Tensión asignada: 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-3-21
Designación genérica: H07ZZ-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm^2)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
					cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	7,1	52	13,3	21	26,5	21,36
1 x 2,5	7,9	68	7,98	30	15,92	12,88
1 x 4	9,0	95	4,95	40	9,96	8,1
1 x 6	9,8	125	3,3	52	6,74	5,51
1 x 10	11,9	200	1,91	72	4	3,31
1 x 16	13,4	275	1,21	97	2,51	2,12
1 x 25	15,8	395	0,78	122	1,59	1,37
1 x 35	17,9	520	0,554	153	1,15	1,01
1 x 50	20,6	750	0,386	188	0,85	0,77
1 x 70	23,3	950	0,272	243	0,59	0,56
1 x 95	26	1220	0,206	298	0,42	0,43
1 x 120	28,6	1480	0,161	350	0,34	0,36
1 x 150	31,4	1830	0,129	401	0,27	0,31
1 x 185	34,4	2270	0,106	460	0,22	0,26
1 x 240	38,3	2850	0,0801	545	0,17	0,22
2 x 1,5	11,0	120	13,3	23	30,98	24,92
2 x 2,5	13,1	175	7,98	32	18,66	15,07
2 x 4	15,1	245	4,95	44	11,68	9,46
2 x 6	16,8	315	3,3	57	7,90	6,42
2 x 10	22,6	590	1,91	78	4,67	3,84
2 x 16	25,7	790	1,21	104	2,94	2,45
3 G 1,5	11,9	150	13,3	23	30,98	24,92
3 G 2,5	14,0	215	7,98	32	18,66	15,07
3 G 4	16,2	300	4,95	44	11,68	9,46
3 G 6	18,0	395	3,3	57	7,90	6,42
3 G 10	24,2	740	1,91	78	4,67	3,84
3 G 16	27,6	1000	1,21	104	2,94	2,45
5 G 1,5	14,4	230	13,3	20	26,94	21,67
5 G 2,5	17,0	325	7,98	28	16,23	13,1
5 G 4	19,9	475	4,95	38	10,16	8,23
5 G 6	22,2	630	3,3	49	6,87	5,59
6 G 1,5	17,2	315	13,3	15	30,98	24,92
6 G 2,5	20,0	430	7,98	20	18,66	15,06
6 G 4	23,2	620	4,95	27	11,68	9,46
12 G 1,5	22,4	530	13,3	10	30,98	24,92
12 G 2,5	26,2	760	7,98	13,5	18,66	15,06
12 G 4	30,9	1090	4,95	18	11,68	9,46.../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, 5G trifásica).
→ Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores considerados todos 100% cargados.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AFUMEX EXPO - H07ZZ-F

Tensión asignada: 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-3-21
Designación genérica: H07ZZ-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión V/A km (2)	
					cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../...18 x 1,5	26,3	800	13,3	9	30,98	24,92
18 x 4	36,4	1680	4,95	16	11,68	9,46
24 x 1,5	30,7	1010	13,3	8	30,98	24,92
36 x 2,5	41,8	2110	7,98	9,5	18,66	15,06

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores considerados todos 100% cargados.

→ Valores de caídas de tensión para cables de más de 5 conductores, medidas entre conductor activo y conductor de protección (amarillo/verde).

Sección del conductor (mm²)	Intensidad admisible						
	Cables unipolares		Cable bipolar	Cable tripolar		Cable de 4 cond.	Cable de 5 cond.
	2 conductores cargados	3 conductores cargados	2 conductores cargados	2 conductores cargados	3 conductores cargados	3 conductores cargados	3 conductores cargados
4	27	24	27	28	23	24	24
6	35	31	35	36	29	30	31
10	49	43	49	50	41	4	44
16	64	58	64	67	54	56	58
25	85	77	86	89	72	75	77
35	105	95	-	110	90	93	-
50	132	121	-	138	113	117	-
70	165	151	-	173	141	145	-
95	196	182	-	205	167	172	-
120	229	213	-	239	195	201	-
150	263	246	-	274	223	231	-
185	297	279	-	309	253	261	-
240	355	333	-	366	299	309	-
300	407	383	-	417	340	352	-
400	480	453	-	-	-	-	-
500	549	519	-	-	-	-	-
630	642	308	-	-	-	-	-

1 - Temperatura ambiente 40 °C.
2 - Los valores tabulados son para cables al aire libre.
3 - Los cables unipolares están agrupados (2 cables en contacto y 3 cables al trebolillo).
Según UNE-EN 50565-1 (tabla C.3).

AL AFUMEX CLASS (AS) - AL RZ1 (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: AL RZ1 (AS)

CPR COMPLIANT

C_{ca} CPR

C_{ca}-s1b,d1,a1

Nº DoP 1003861

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

Alta seguridad

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:
  UNE-EN 50399.

AL AFUMEX CLASS (AS) - AL RZ1 (AS)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-4
Designación genérica:	AL RZ1 (AS)

Construcción

1. Conductor

Metal: aluminio.
Flexibilidad: rígido, clase 2, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE), tipo DIX3 según UNE HD 603-1.
Color: natural.

3. Cubierta

Material: mezcla especial libre de halógenos tipo AFUMEX Z1.
Color: verde.

Aplicaciones

• Cable adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.
• En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.
• En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos en edificios o sobre bandejas, etc., o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción.
• Líneas generales de alimentación (ITC-BT 14).
• Derivaciones individuales ITC-BT 15).
• Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
• Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
• Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29).
• Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004.
• Edificios en general (Código técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

AL AFUMEX CLASS (AS) - AL RZ1 (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-4
Designación genérica: AL RZ1 (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 16	0,7	9,9	144	1,91	76	58	4,15	3,42
1 x 25	0,9	11,5	191	1,2	91	74	2,62	2,19
1 x 35	0,9	12,4	225	0,868	114	90	1,89	1,6
1 x 50	1	13,8	272	0,641	140	107	1,39	1,21
1 x 70	1,1	16	373	0,443	180	132	0,97	0,86
1 x 95	1,1	17,2	445	0,32	219	157	0,7	0,65
1 x 120	1,2	18,8	535	0,253	254	178	0,55	0,53
1 x 150	1,4	20,6	641	0,206	294	201	0,45	0,45
1 x 185	1,6	23	787	0,164	337	226	0,36	0,37
1 x 240	1,7	25,5	988	0,125	399	261	0,27	0,3
1 x 300	1,8	28,2	1248	0,100	462	295	0,22	0,26

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (Al) (trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo D1/D2 (Al) (trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

4.2. Fotovoltaicos

Prysmian Group

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

CPR COMPLIANT

E_{ca} CPR

E_{ca}

Nº DoP 1017844

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

PROTOCOLO DE ENSAYO WET-I 1500 COMPLIANT

NUEVO

WET-I 1500

Test Prysmian Group para asegurar el comportamiento del cable inmerso en agua por periodos prolongados.

Simula una situación similar a la que el cable está expuesto en una planta FV.

Condiciones del test:
- 1800 V DC (Máx voltaje)
- Agua a 70 °C
- > 1500 ciclos

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2
NFC 32070-C2

Libre de halógenos
IEC 62821-1
UNE-EN 50525-1

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Máxima Resistencia al agua en dc (AD8 + test especial WET-I 1500)

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia a los golpes

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia al ozono

Resistencia al calor húmedo

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable), +120°C (20 000h).
- Ensayo de tensión durante 5 min: 6500 Vac / 15000 Vdc.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos:
  IEC 62821-1 Anexo B, UNE-EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

Ensayos adicionales cable PRYSMIAN PRYSOLAR

Vida estimada	30 años *	
Protección frente al agua	AD8 (test ac) **	EN 50525-2-21
	WET-I 1500	Ensayo mejorado de Prysmian Group específico FV: >1500 ciclos sumergido en agua a 70 °C con la máxima tensión continua (1800 Vdc)
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; UNE-EN 50618 Anexo E 720 h (360 ciclos)	
Certificación	Bureau Veritas LCIE	
Servicios móviles	Sí	
Doble aislamiento (clase II)	Sí	
Temperatura máxima del conductor	90 °C (120 °C 20 000 h) 250 °C (cortocircuito)	
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)	
Máxima tensión de tracción	50 N/mm² durante el tendido 15 N/mm² en operación (instalado)	
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; UNE-EN 50618 Tab.2 según UNE-EN 50396 tipo de prueba B	
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y UNE-EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según IEC 60811-404; UNE-EN 60811-404).	
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab. 2 según IEC 60811-503;UNE-EN 50618 Tab. 2 según UNE-EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)	
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y UNE-EN 50618 Tab.2 1000 h a 90 °C y 85 % de humedad para IEC 60068-2-78, UNE-EN- 60068-2-78	
Resistencia de aislamiento a largo plazo (dc)	IEC 62821-2; UNE-EN 50395-9 (240 h/85 °C agua /1,8 kVdc)	
Respetuoso con el medio ambiente	Directiva RoHS 2014/35/UE de la Unión Europea	
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; UNE-EN 50618 AnexoD	
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y UNE-EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y UNE-EN 60811-504 y -505	
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40 °C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y UNE-EN 50618 Anexo C según UNE-EN 60811-506	
Durabilidad del marcado	IEC 62930; UNE-EN 50396	

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido estañado.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor:
90 °C (120 °C, por 20 000 h). 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

3. Cubierta

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.
Colores: negro o rojo.

Aplicaciones

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores...). Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

Especialmente resistente a la acción del agua (AD8 + test especial para corriente continua WET-I 1500), en instalaciones subterráneas bajo tubo o conducto.

Indicado para el lado de corriente contínua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

Sistemas de corriente continua (ITC-BT 53, UNE-HD 60364-7-712).

Ver esquemas de aplicación en apartado: 2.25. y ejemplos de cálculo en apartados: 2.17., 2.18., 2.19. y 3.

* Para la estimación de la vida del cable se utilizado el ensayo de endurancia térmica según la IEC 60216.

** La condición AD8 habitual es una autodeclaración de fabricante sin norma de referencia. Declara la posibilidad de funcionamiento del cable permanentemente sumergido pero el ensayo habitual está pensado para corriente alterna y hasta 450/750 V de tensión asignada del cable. Situación muy alejada de la realidad de las instalaciones fotovoltaicas. Los cables de Prysmian superan el ensayo especial WET-I 1500 a 1800 V en corriente continua.

PRYSMIAN PRYSOLAR - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: UNE-EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro máximo del conductor (mm) (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) (mm)	Radio mínimo de curvatura dinámico (mm)	Radio mínimo de curvatura estático (mm)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (W/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C (3)	Intensidad admisible bajo tubo enterrado (4) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)
1 x 1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	24	27,4
1 x 2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	32	16,42
1 x 4	3,0	6,6	26	20	61	5,09	46	55	42	10,18
1x 6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	53	6,78
1 x 10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	70	3,90
1 x 16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	91	2,48
1 x 25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	116	1,59
1 x 35	9,2	14,0	70	56	390	0,565	182	218	140	1,13
1 x 50	11,0	16,3	82	65	542	0,393	220	276	166	0,786
1 x 70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	204	0,554
1 x 95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	241	0,42
1 x 120	17,0	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	275	0,328
1 x 150	19,0	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	311	0,264
1 x 185	21,0	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	348	0,216
1 x 240	24,0	32,1	193	128	2304	0,0817	617	775	402	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar la corriente por 0,85.
→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

(4) Instalación bajo tubo enterrada con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W y temperatura del terreno 25 °C. XLPE2 con instalación tipo D1 (Cu) (monofofásica o continua).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C. Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (30 años).

TECSUN - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

CPR COMPLIANT

Dca CPR
D_{ca}s2,d2,a2
(secciones desde 1,5 a 10 mm²)

Eca CPR
E_{ca}
(secciones superiores a 10 mm²)

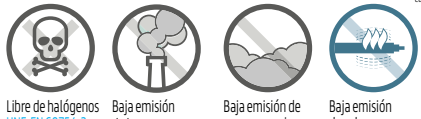
Nº DoP 1016009 (D_{ca}-s2,d2,a2)
Nº DoP 1007351 (E_{ca})

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

Ensayos de fuego que superan todas las secciones.

No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2 NFC32070-C2
No propagación de incendio UNE-EN 50305-9
Libre de halógenos UNE-EN 50525-1
Baja opacidad de humos UNE-EN 61034-2 IEC 61034-2
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 50305 (ITC<3)

Ensayos de fuego adicionales para cables con secciones inferiores a 16 mm² (D_{ca}-s2,d2,a2)



Libre de halógenos UNE-EN 60754-2 UNE-EN 60754-1 IEC 60754-2 IEC 60754-1
Baja emisión de humos UNE-EN 50399
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 IEC 60754-2
Baja emisión de calor UNE-EN 50399

Máxima resistencia al agua (AD8)
Resistencia al frío
Cable flexible
Resistencia a los rayos ultravioleta
Resistencia a los agentes químicos
Resistencia al ozono
Resistencia al calor húmedo
Resistencia a las grasas y aceites
Resistencia a los golpes
Resistencia a la abrasión
Apto para enterrar directamente

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión durante 5 min: 6500 Vac / 15000 Vdc.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea (secciones inferiores a 16 mm²):

- Clase de reacción al fuego (CPR): D_{ca}-s2,d2,a2.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea) (secciones inferiores a 16 mm²):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50305-9.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 50525-1.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2.
- Baja emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 50305 (ITC<3).
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.

TECSUN - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea (secciones superiores a 10 mm²):

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea) (secciones superiores a 10 mm²):

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2
- No propagación del incendio: UNE-EN 50305-9.
- Libre de halógenos: UNE-EN 50525-1.
- Baja opacidad de humos: UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases tóxicos: UNE-EN 50305 (ITC<3).

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido estañado.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 120 °C, 20 000 h; 90 °C (30 años). 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

3. Cubierta

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.
Colores: negro o rojo.

Aplicaciones

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores...). Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos. Adecuado para soterramiento directo (sin tubo o conducto).

Indicado para el lado de corriente contínua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico.

Sistemas de corriente continua (ITC-BT 53).

TECSUN - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

Ensayos adicionales cable TECSUN

Vida estimada	30 años
Certificación	TÜV y VDE
Apto para instalación directamente enterrado	Sí
Doble aislamiento (clase II)	Sí
Temperatura máxima del conductor	90°C (120 °C, 20000 h) 250°C (cortocircuito)
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)
Máxima tensión de tracción	50 N/mm² durante el tendido 15 N/mm² en operación (instalado)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; UNE-EN 50618 Tab.2 según UNE-EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; UNE-EN 50618 Anexo B Resistencia a la tracción y elongación a la rotura después de 720 h (360 ciclos) de exposición a los rayos UVA según UNE-EN 50289-4-17, (Método A)
Resistencia a la absorción agua	EN 60811-402
Protección contra el agua	AD8 (sumersión permanente)
Resistencia a aceites minerales	VDE 0473-811-404, EN 60811-404 (24 h; 100 °C)
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y UNE-EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según IEC 60811-404; UNE-EN 60811-404)
Resistencia al amoníaco	Ensayo especial de Prysmian: 30 días en atmósfera saturada de amoniaco.
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 según IEC 60811-503; UNE-EN 50618 Tab 2 según UNE-EN 60811-503 (máxima contracción 2 %)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y UNE-EN 50618 Tab. 21000h a 90 °C y 85 % de humedad para 85 % IEC 60068-2-78, UNE-EN- 60068-2-78
Respetuoso con el medio ambiente	Directiva RoHS 2014/35/UE de la Unión Europea
Penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado y alargamiento a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 62930 Tab.2 según IEC 60811-504 y -505 y UNE-EN 50618 Tab.2 según UNE-EN 60811-1-4 y UNE-EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y UNE-EN 50618 Anexo C según UNE-EN 60811-506
Presión a temperatura elevada	< 50% según UNE-EN 60811-508
Dureza Prysmian	Test interno Prysmian: Tipo A: 85 según DIN EN ISO 868
Resistencia a la abrasión	Ensayo especial Prysmian DIN ISO 4649 • Contra papel abrasivo. • Cubierta contra cubierta. • Cubierta contra metal. • Cubierta contra plásticos.
Durabilidad del marcado	IEC 62930; UNE-EN 50396

TECSUN - H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) (1,8/1,8 kVdc máx.)
Norma diseño: EN 50618 / IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro máximo del conductor (mm) (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) (mm)	Radio mínimo de curvatura dinámico (mm)	Radio mínimo de curvatura estático (mm)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible al aire. T ambiente 60 °C y T conductor 120 °C (3)	Intensidad admisible enterrado directamente o bajo tubo enterrado (4) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)
1 x 1,5	1,6	4,4	20	15	35	13,7	24	30	24	27,4
1 x 2,5	1,9	4,8	22	17	46	8,21	34	41	32	16,42
1 x 4	2,4	5,3	24	18	61	5,09	46	55	42	10,18
1x 6	2,9	5,9	26	20	80	3,39	59	70	53	6,78
1 x 10	4	7,0	30	23	122	1,95	82	98	70	3,90
1 x 16	5,6	9,0	39	30	200	1,24	110	132	91	2,48
1 x 25	6,4	10,3	45	34	290	0,795	140	176	116	1,59
1 x 35	7,5	11,7	63	50	400	0,565	182	218	140	1,13
1 x 50	9	13,5	73	58	560	0,393	220	276	166	0,786
1 x 70	10,8	15,5	83	66	750	0,277	282	347	204	0,554
1 x 95	12,6	17,7	94	75	970	0,210	343	416	241	0,42
1 x 120	14,2	19,2	122	82	1220	0,164	397	488	275	0,328
1 x 150	15,8	21,4	136	91	1500	0,132	458	566	311	0,264
1 x 185	17,4	23,7	151	101	1840	0,108	523	644	348	0,216
1 x 240	20,4	27,1	171	114	2400	0,0817	617	775	402	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar la corriente por 0,85.
→ XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

(4) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con (4) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K·m/W. XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) (monofofásica o continua).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C. Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (25 años).

4.3. PVC

Prysmian Group

WIREPOL CPRO Flex - H05V-K (500 V) - H07V-K (750 V)

Tensión asignada:	300/500 V - 450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica:	H05V-K - H07V-K

CPR COMPLIANT

Eca CPR

E_{ca}

Nº DoP 10038681

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<20%)

Resistencia a la absorción del agua

Cable flexible

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Tensión asignada: 300/500 V (H05V-K) hasta 1 mm^2 y 450/750 V (H07V-K) desde 1,5 mm^2.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para H05V-K y 2500 V para H07V-K.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Reducida emisión de halógenos:
  UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 20 %).

WIREPOL CPRO Flex - H05V-K (500 V) - H07V-K (750 V)

Tensión asignada:	300/500 V - 450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica:	H05V-K - H07V-K

Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

No propagación del incendio
Cumplimiento del ensayo de no propagación del incendio (UNE UNE-EN 60332-3-24). Mayor ignifugación del cable.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TI 1, según EN 50363-3.
Colores: Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

Aplicaciones

Cable de alta deslizabilidad para instalación en tubos o conductos situados sobre superfícies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos; salvo obligación de AFUMEX Class (AS).

• Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS). Ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004.
• Instalaciones interiores de viviendas (ITC-BT 26); salvo edificios de gran altura. Ver Afumex Class 750 V (AS).

WIREPOL CPRO Flex - H05V-K (500 V) - H07V-K (750 V)

Tensión asignada: 300/500 V - 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica: H05V-K - H07V-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
H05V-K							
1 x 0,5	0,6	2,5	9	39	7,5	85,79	68,76
1 x 0,75	0,6	2,5	12	26,5	10	58,39	46,83
1 x 1	0,6	2,5	14	19,5	12	43,13	34,62
H07V-K							
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1 x 6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1 x 16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1 x 25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1 x 35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1 x 50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1 x 70	1,4	16	700	0,272	155	0,64	0,61
1 x 95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial. ➞ PVC2 con instalación tipo B1 ➞ columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

WIREPOL CPRO Rígido
H05V-U (500 V) - H07V-U (750 V) - H07V-R (750 V)

Tensión asignada: 300/500 V - 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica: H05V-U - H07V-U - H07V-R

CPR COMPLIANT

Eca CPR

Eca

Nº DoP 1003869 (H07V-U) 1004667 (H07V-R)

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<20%)

Resistencia a la absorción del agua

Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Tensión asignada: 300/500 V (H05V-U) hasta 1 mm^2, 450/750 V (H07V-U) desde 1,5 mm^2 hasta 4 mm^2 y 450/750 V (H07V-R) desde 6 mm^2.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para H05V-U y 2500 V para H07V-U y H07V-R.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio: UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Reducida emisión de halógenos: UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 20 %).

WIREPOL CPRO Rígido
H05V-U (500 V) - H07V-U (750 V) - H07V-R (750 V)

Tensión asignada:	300/500 V - 450/750 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica:	H05V-U - H07V-U - H07V-R

Máxima deslizabilidad
Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

No propagación del incendio
Cumplimiento del ensayo de no propagación del incendio (UNE UNE-EN 60332-3-24). Mayor ignifugación del cable.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: rígido, clase 1 (hilo único) hasta 4 mm^2; rígido, clase 2 (varios hilos) desde 6 mm^2; según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TI 1, según EN 50363-3.
Colores: Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, negro y rojo.

Aplicaciones

H05V-U:
• Montaje fijo protegido.
• Circuitos de señalización o mando, timbres, alarmas domésticas o similares.

H07V-U, H07V-R:
Instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos; salvo obligación de AFUMEX Class (AS).

• Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS). Ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004.

WIREPOL CPRO Rígido
H05V-U (500 V) - H07V-U (750 V) - H07V-R (750 V)

Tensión asignada: 300/500 V - 450/750 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-31
Designación genérica: H05V-U - H07V-U - H07V-R

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
H05V-U							
1 x 1	0,6	2,7	13,6	18,1	12	43,13	34,62
H07V-K							
1 x 1,5	0,7	3,2	20	12,1	14,5	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	3,9	31	7,41	20	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,4	46	4,61	26	10,99	8,91
H07V-R							
1 x 6	0,8	5,2	67	3,08	34	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,7	111	1,83	46	4,36	3,59
1 x 16	1,0	7,8	170	1,15	63	2,74	2,29

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.
→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

RETENAX CPRO Flex - RV-K

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-2
Designación genérica:	RV-K

CPR COMPLIANT

E_{ca} CPR

E_{ca}

Nº DoP 1003873

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<14%)

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- Reducida emisión de halógenos:
  UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 14 %).

RETENAX CPRO Flex - RV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV-K

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE) Tipo DIX 3, según HD 603-1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1. Unipolares color natural.

3. Elemento separador

Cinta de papel longitudinal (opcional).

4. Relleno

Material: Si es necesario, mezcla termoplástica apropiada.

5. Cubierta

Material: policloruro de vinilo (PVC) tipo DMV-18 según HD 603-1.
Colores: negro o crema.

Aplicaciones

Cable de fácil pelado y alta flexibilidad para instalaciones subterráneas en general e instalaciones al aire en las que se requiere una gran facilidad de manipulación y no es obligatorio AFUMEX Class (AS).

- Redes subterráneas de distribución e instalaciones subterráneas (ITC-BT 07).
- Redes subterráneas de alumbrado exterior (ITC-BT 09).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267 / 2004).

Los cables RV-K no están permitidos en servicios provisionales en general (obras, ferias, stands... ITC-BT 33, 34 ...) ni para servicios móviles, ni prolongadores (ver Flextreme Max), ni para servicios sumergidos (ver Flextreme Max).

RETENAX CPRO Flex - RV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm^2)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	5,7	42	13,3	21	21	26,50	21,36
1 x 2,5	0,7	6,2	54	7,98	30	27,5	15,92	12,88
1 x 4	0,7	6,6	70	4,95	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	7,2	91	3,3	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	8,3	135	1,91	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	9,4	191	1,21	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	11	280	0,78	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	12,5	389	0,554	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14,2	537	0,386	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	15,8	726	0,272	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	17,9	958	0,206	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	18,9	1170	0,161	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	21,2	1460	0,129	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	23,8	1830	0,106	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	26,7	2310	0,0801	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	29,3	3100	0,0641	630	380	0,14	0,19
2 x 1,5	0,7	8,7	95	13,3	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	9,6	125	7,98	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	10,5	165	4,95	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	11,7	215	3,3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	13,9	330	1,91	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	16,9	503	1,21	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	20,6	775	0,78	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	23,6	1060	0,554	168	140	1,31	1,16
2 x 50	1	27	1470	0,386	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	9,2	110	13,3	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	10,1	150	7,98	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	11,1	200	4,95	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	12,3	270	3,3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	14,7	415	1,91	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	18	639	1,21	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	21,4	946	0,78	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	25,1	1355	0,554	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28,8	1900	0,386	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	32,3	2550	0,272	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	35,9	3290	0,206	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	39,2	4060	0,161	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	44,2	5070	0,129	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	50,3	6400	0,106	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	56,7	8200	0,0801	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	62,2	10450	0,0641	549	380	0,14	0,18 ../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 1x, 3x trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

RETENAX CPRO Flex - RV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
							cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../... 4 G 1,5	0,7	9,9	135	13,3	20	21	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	11	180	7,98	28	27,5	16,23	13,1
4 G 4	0,7	12,1	245	4,95	38	35	10,16	8,23
4 G 6	0,7	13,5	330	3,3	49	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	16,2	520	1,91	68	58	4,06	3,34
4 x 16	0,7	19,9	796	1,21	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	24	1240	0,78	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	27,7	1700	0,554	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1	32,2	2430	0,386	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	35,8	3260	0,272	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	39,8	4210	0,206	271	202	0,43	0,42
4 x 120	1,2	43,7	5178	0,161	314	230	0,34	0,35
4 x 150	1,4	49,5	6476	0,129	359	260	0,28	0,3
4 x 185	1,6	56,1	8778	0,106	409	291	0,22	0,26
4 x 240	1,7	63,2	10526	0,0801	489	336	0,17	0,21
5 G 1.5	0,7	10,8	160	13,3	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	12	215	7,98	28	27,5	16,23	13,1
5 G 4	0,7	13,2	300	4,95	38	35	10,16	8,23
5 G 6	0,7	14,8	400	3,3	49	44	6,87	5,59
5 G 10	0,7	17,7	630	1,91	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	21,8	976	1,21	91	75	2,56	2,13
5 G 25	0,9	26,2	1460	0,78	115	96	1,62	1,38
5 G 35	0,9	30,6	2070	0,54	143	117	1,17	1,01

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 (Cu) → 4x, 5G trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

RETENAX CPRO Rígido - RV (XV)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV (XV)

CPR COMPLIANT

E_{ca} CPR

E_{ca}

Nº DoP 1003871

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<14%)

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a las grasas y aceites

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- Reducida emisión de halógenos:
  UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 14 %).

RETENAX CPRO Rígido - RV (XV)

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-2
Designación genérica:	RV (XV)

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: rígido, clase 1 (hilo único) hasta 4 mm², rígido, clase 2 (varios hilos) desde 6 mm²; según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE) Tipo DIX 3, según HD 603-1.
Colores: marrón, negro, gris, azul, amarillo/verde según UNE 21089-1. Unipolares color natural.

3. Elemento separador

Cinta de papel longitudinal (opcional).

4. Relleno

Material: Si es necesario, mezcla termoplástica apropiada.

5. Cubierta

Material: policloruro de vinilo (PVC) tipo DMV-18 según HD 603-1.
Colores: negro.

Aplicaciones

Instalaciones subterráneas en general e instalaciones al aire en las que no es obligatorio AFUMEX Class (AS).

- Redes subterráneas de distribución e instalaciones subterráneas (ITC-BT 07).
- Redes subterráneas de alumbrado exterior (ITC-BT 09).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004).

RETENAX CPRO Rígido - RV (XV)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV (XV)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1,5	0,7	2,8	5,6	50	12,1	21	21	26,5	21,36
1 x 2,5	0,7	3,2	6	60	7,41	30	27,5	15,92	12,88
1 x 4	0,7	3,6	6,4	75	4,61	40	35	9,96	8,1
1 x 6	0,7	4,4	7,1	100	3,08	52	44	6,74	5,51
1 x 10	0,7	5,2	8,1	145	1,83	72	58	4	3,31
1 x 16	0,7	6,1	9	200	1,15	97	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	7,7	10,6	300	0,727	122	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	8,8	11,6	400	0,524	153	117	1,15	1,01
1 x 50	1	10,3	12,8	530	0,387	188	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	12	14,7	730	0,268	243	170	0,59	0,56
1 x 95	1,1	13,8	16,6	1000	0,193	298	202	0,42	0,43
1 x 120	1,2	15,4	18,1	1210	0,153	350	230	0,34	0,36
1 x 150	1,4	17,2	20,1	1470	0,124	401	260	0,27	0,31
1 x 185	1,6	19,3	22,3	1860	0,0991	460	291	0,22	0,26
1 x 240	1,7	21,8	25,4	2420	0,0754	545	336	0,17	0,22
1 x 300	1,8	24,3	27,9	3030	0,0601	630	380	0,14	0,19
2 x 1,5	0,7	2,8	8,4	110	12,1	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	3,2	9,2	130	7,41	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	3,6	10	190	4,61	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	4,4	11,4	240	3,08	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0,7	5,2	13,3	340	1,83	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	6,4	16,2	560	1,15	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	7,7	19,6	850	0,727	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	8,8	21,8	1100	0,524	168	140	1,31	1,16
2 x 50	1	10,3	24,8	1460	0,387	204	166	0,99	0,88
3 G 1,5	0,7	2,8	8,8	120	12,1	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	3,2	9,6	160	7,41	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	3,6	10,6	210	4,61	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	4,4	12,1	290	3,08	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0,7	5,2	14,1	430	1,83	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	6,1	17,1	695	1,15	104	91	2,94	2,45
3 x 25	0,9	7,7	20,8	1070	0,727	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	8,8	23,2	1390	0,524	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	10,3	26,4	1860	0,387	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	12	30,5	2580	0,268	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	13,8	34,5	3490	0,193	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	15,4	38,2	4300	0,153	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	17,2	42,5	5400	0,124	359	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	19,3	47,6	6740	0,0991	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	21,8	53,4	8590	0,0754	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	24,3	59,2	10770	0,0601	549	380	0,14	0,18 ../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).
→ XLP2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (3x trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 (Cu) → 1x, 3x trifásica.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → 2x, 3G monofásica.
Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

RETENAX CPRO Rígido - RV (XV)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RV (XV)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
.../... 4 G 1,5	0,7	2,8	9,5	140	12,1	20	21	26,94	21,67
4 G 2,5	0,7	3,2	10,4	190	7,41	28	27,5	16,23	13,1
4 G 4	0,7	3,6	11,5	260	4,61	38	35	10,16	8,23
4 G 6	0,7	4,4	13,2	360	3,08	49	44	6,87	5,59
4 G 10	0,7	5,2	15,4	540	1,83	68	58	4,06	3,34
4 x 16	0,7	6,1	18,7	855	1,15	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	7,7	22,8	1330	0,727	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	8,8	25,4	1740	0,524	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1	10,3	29,3	2370	0,387	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	12	33,8	3310	0,268	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	13,8	38,3	4480	0,193	271	202	0,43	0,42
5 G 1.5	0,7	2,75	10,3	160	12,1	20	21	26,94	21,67
5 G 2,5	0,7	3,14	11,3	217	7,41	28	27	16,23	13,1
5 G 10	0,7	5,21	16,9	640	1,83	68	58	4,06	3,34
5 G 16	0,7	6,13	20,2	974	1,15	91	75	2,56	2,13

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLP3 con instalación tipo E → columna 10b (4x, 5G trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m /W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 (Cu) → 4G, 5G trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

WIREPOL CPRO GAS - H05VV-F

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica: H05VV-F

CPR COMPLIANT

E_{ca} CPR

E_{ca}

Nº DoP 1003864

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Cable flexible

Resistencia a la absorción del agua

Servicios móviles

- Temperatura de servicio: +5 °C (servicio móvil), -25 °C (cable termoplástico).
- Máxima temperatura en el conductor +60 °C (servicio móvil), +70 °C (instalación fija).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

WIREPOL CPRO GAS - H05VV-F

Tensión asignada:	300/500 V
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica:	H05VV-F

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 60 °C (móvil), 70 °C (fijo). 150 °C (cortocircuito y servicio móvil), 160 °C (cortocircuito e instalación fija).

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TI2.
Colores: marrón, negro, gris, azul y amarillo/verde; según UNE 21089-1.

3. Cubierta

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TM2.
Colores: blanco.

Aplicaciones

- En locales domésticos, cocinas, oficinas para la alimentación de aparatos domésticos, inclusive los que estén en locales húmedos.
- Para esfuerzos mecánicos medios (lavadoras, refrigeradores, microondas, etc.).
- Inadecuado para su utilización a la intemperie o en talleres o locales no domésticos (Ver Flextreme Max).
- Provisionales y temporales de obras (solo interiores) (ITC-BT 33).
- Alimentación de aparatos domésticos (lavadoras, frigoríficos...) (ITC-BT 43).
- Instalaciones de muebles (ITC-BT 49).
- Prolongadores y enrrolladores de interior para uso doméstico (UNE EN 50565-2).

WIREPOL CPRO GAS - H05VV-F

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica: H05VV-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Espesor cubierta (mm) (1)	Diámetro exterior mínimo (mm) (1)	Diámetro exterior máximo (mm) (1)	Peso (kg/km)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
H05VV-F									
2 x 1	0,6	0,8	5,9	7,5	65	19,5	8,5	43,13	34,62
2 x 1,5	0,7	0,8	5,8	8,6	85	13,3	16,5	28,84	23,22
2 x 2,5	0,8	1	8,4	10,6	130	7,98	23	17,66	14,25
2 x 4	0,8	1,1	9,7	12,1	180	4,95	31	10,99	8,91
2 x 6	0,8	1,2	10,8	13,5	225	3,3	40	7,34	5,99
3 G 1	0,6	0,8	6,3	8	80	19,5	8,5	43,13	34,62
3 G 1.5	0,7	0,9	7,4	9,4	110	19,5	16,5	28,84	23,22
3 G 2,5	0,8	1,1	9,2	11,4	165	13,3	23	17,66	14,25
3 G 4	0,8	1,2	10,5	13,1	225	4,95	31	10,99	8,91
3 G 6	0,8	1,4	11,9	14,8	300	3,3	40	7,34	5,99
4 G 1	0,6	0,9	7,1	9	100	19,5	8,5	37,51	30,11
4 G 1,5	0,7	1	8,4	10,5	135	13,3	15	25,08	20,19
4 G 2,5	0,8	1,1	10,1	12,5	200	7,98	21	15,36	12,39
4 G 4	0,8	1,4	11,5	14,3	275	4,95	27	9,55	7,75
4 G 6	0,8	1,4	13,1	16,2	365	3,3	36	6,38	5,21
5 G 1	0,6	0,9	7,8	9,8	120	19,5	8,5	37,51	30,11
5 G 1,5	0,7	1,1	9,3	11,6	170	13,3	15	25,08	20,19
5 G 2,5	0,8	1,2	11,2	13,9	250	7,98	21	15,36	12,39
5 G 4	0,8	1,4	13	16,1	355	4,95	27	9,55	7,75
5 G 6	0,8	1,4	14,3	17,7	465	3,3	36	6,38	5,21

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja no perforada al aire (40 °C).

→ PVC2 con instalación tipo C → columna 8a (2x, 3G) de UNE HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

→ PVC3 con instalación tipo C → columna 6a (4G, 5G) de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Intensidades admisibles para servicios no fijos

Sección del conductor (mm²)	Intensidad máxima (A)	
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados
0,5	2,5	2,5
0,75	5	5
1	8	8
1,5	13	13
2,5	20,5	16,4
4	26	20,5

1 - Temperatura ambiente 40 °C.

2 - Cable totalmente extendido.

SINTENAX CPRO AG - H05VV-F

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica: H05VV-F

CPR COMPLIANT

Eca CPR

Eca

Nº DoP 1003865

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Cable flexible

Resistencia a la absorción del agua

Servicios móviles

- Temperatura de servicio: -25 °C, +85 °C. (servicio móvil); 40 °C, +85 °C (instalación fija). (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

SINTENAX CPRO AG - H05VV-F

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica: H05VV-F

Resistencia a grasas y aceites
Gracias a la formulación especial Prysmian de su cubierta.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 60 °C (móvil), 70 °C (fijo). 150 °C (cortocircuito y servicio móvil), 160 °C (cortocircuito e instalación fija).

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TI2.
Colores: 1 conductor amarillo/verde, el resto negros numerados.

3. Cubierta

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo TM2.
Color: negro.

Aplicaciones

Para circuitos de instrumentación y control, señalización, alimentación de aparatos portátiles industriales. Para servicios móviles.

SINTENAX CPRO AG - H05VV-F

Tensión asignada: 300/500 V
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-11
Designación genérica: H05VV-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (3)	
					cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 1	6,6	59	19,5	14,5	43,13	34,62
3 G 1	7	71	19,5	14,5	43,13	34,62
4 G 1	7,6	87	19,5	12	43,13	34,62
5 G 1	8,6	110	19,5	9,5	43,13	34,62
6 G 1	9,5	131	19,5	9,5	43,13	34,62
7 G 1	9,5	142	19,5	8	43,13	34,62
8 G 1	10,5	164	19,5	8	43,13	34,62
10 G 1	12,4	211	19,5	7	43,13	34,62
12 G 1	12,8	238	19,5	6	43,13	34,62
14 G 1	13,6	274	19,5	6	43,13	34,62
16 G 1	14,4	309	19,5	5,5	43,13	34,62
19 G 1	15,3	358	19,5	5,5	43,13	34,62
24 G 1	18,2	464	19,5	5	43,13	34,62
27 G 1	18,4	498	19,5	4,5	43,13	34,62
36 G 1	19,4	559	19,5	4,5	43,13	34,62
37 G 1	21,1	674	19,5	4,5	43,13	34,62
44 G 1	24	818	19,5	3,5	43,13	34,62
52 G 1	25,2	946	19,5	3,5	43,13	34,62

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C). Valores de Prysmian para todos los conductores cargados menos el de protección (amarillo/verde).

(3) Valores de caídas de tensión medidas entre conductor activo y conductor de protección (amarillo/verde).

SINTENAX CPRO 1000 V - VV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-1
Designación genérica: VV-K

CPR COMPLIANT

E$_{ca}$ CPR

E$_{ca}$

Nº DoP 1003883

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<14%)

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Cable flexible

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E$_{ca}$.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2
- Reducida emisión de halógenos:
  UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 14 %).

SINTENAX CPRO 1000 V - VV-K

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21123-1
Designación genérica:	VV-K

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) Tipo PVC/A.
Colores: 1 conductor amarillo/verde, el resto negros numerados.

3. Elemento separador

Cinta de papel longitudinal (opcional).

4. Relleno

Material: Si es necesario, mezcla termoplástica apropiada.

5. Cubierta

Material: policloruro de vinilo (PVC) tipo DMV-18 según HD 603-1.
Colores: negro.

Aplicaciones

Cable para control de electroválvulas, caudalímetros, sensores de nivel, para arranque de máquinas, arranque de autómatas, etc.

• Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004).

SINTENAX CPRO 1000 V - VV-K

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-1
Designación genérica: VV-K

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (3)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
6 G 1,5	0,8	13	241	13,3	11	28,85	23,22
6 G 2,5	0,8	14,3	319	7,98	15,5	17,66	14,25
6 G 4	1	16,9	501	4,95	21	10,99	8,91
7 G 1,5	0,8	13	256	13,3	9,5	28,85	23,22
7 G 2,5	0,8	14,3	341	7,98	13	17,66	14,25
7 G 4	1	16,9	538	4,95	18	10,99	8,91
8 G 1,5	0,8	14,1	297	13,3	9,5	28,85	23,22
8 G 2,5	0,8	15,7	400	7,98	13	17,66	14,25
8 G 4	1	18,6	632	4,95	18	10,99	8,91
10 G 1,5	0,8	16,1	373	13,3	8	28,85	23,22
10 G 2,5	0,8	17,9	489	7,98	11,5	17,66	14,25
10 G 4	1	21,4	752	4,95	15	10,99	8,91
12 G 1,5	0,8	16,6	409	13,3	7	28,85	23,22
12 G 2,5	0,8	18,5	538	7,98	10	17,66	14,25
12 G 4	1	22	853	4,95	13,5	10,99	8,91
14 G 1,5	0,8	17,4	460	13,3	7	28,85	23,22
14 G 2,5	0,8	19,4	624	7,98	10	17,66	14,25
14 G 4	1	23,3	971	4,95	13,5	10,99	8,91
16 G 1,5	0,8	18,3	515	13,3	6,5	28,85	23,22
16 G 2,5	0,8	20,4	734	7,98	9	17,66	14,25
16 G 4	1	24,5	1097	4,95	12	10,99	8,91
19 G 1,5	0,8	19,3	589	13,3	6,5	28,85	23,22
19 G 2,5	0,8	21,5	840	7,98	9	17,66	14,25
19 G 4	1	25,8	1261	4,95	12	10,99	8,91
24 G 1,5	0,8	22,4	728	13,3	5,5	28,85	23,22
24 G 2,5	0,8	25,1	1001	7,98	7,5	17,66	14,25
24 G 4	1	30,4	1586	4,95	10,5	10,99	8,91
27 G 1,5	0,8	22,9	784	13,3	5	28,85	23,22
27 G 2,5	0,8	25,6	1109	7,98	6,5	17,66	14,25
27 G 4	1	31,3	1707	4,95	9	10,99	8,91
30 G 1,5	0,8	23,7	842	13,3	5	28,85	23,22
30 G 2,5	0,8	26,6	1216	7,98	6,5	17,66	14,25
30 G 4	1	32,5	1875	4,95	9	10,99	8,91

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ Valores de Prysmian para cables de más de 5 conductores considerados todos 100 % cargados.

(3) Valores de caídas de tensión medidas entre conductor activo y conductor de protección (amarillo/verde).

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

CPR COMPLIANT

Fca CPR

Fca

Nº DoP 1005959

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Reducida emisión de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1
(emisión HCl<14%)

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a las grasas y aceites

Resistencia a los golpes

Resistencia a los roedores

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): F_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575.2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Reducida emisión de halógenos:
  UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1 (emisión HCl < 14 %).

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

Mayor protección mecánica
Alto grosor de flejes y mayor superposición.

No propagación del incendio
Cumplimiento del ensayo de no propagación del incendio (UNE UNE-EN 60332-3-24). Mayor ignifugación del cable.

Aplicaciones

En instalaciones donde sea preciso proteger los cables contra agresiones mecánicas, tales como esfuerzos de tracción, de cizalladura, contra roedores...

NOTA: no apto para zonas ATEX o locales con riesgo de incendio (ver Afumex Class Atex (AS) y Afumex Class Atex 2RH (AS)).

- Redes subterráneas de distribución (ITC-BT 07).
- Redes subterráneas de alumbrado exterior (ITC-BT 09).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20); salvo obligación de AFUMEX Class (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004).

NOTA: bajo demanda se puede fabricar en versión AFUMEX Class (AS).

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido (o aluminio bajo demanda).
Flexibilidad: rígido clase 1 hasta 4 mm^2; rígido clase 2 desde 6 mm^2 (Cu); rígido clase 2 (Al); según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Aislamiento

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX3, según HD 603-1.
Colores: marrón, negro, gris, azul y amarillo/verde. Según UNE 21089-1.

3. Cubierta interior

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo DMV-18, según HD 603-1.

4. Armadura

- Fleje de acero (RVFV).
- Fleje de aluminio (RVFAV). Sólo cables unipolares.

5. Cubierta exterior

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) tipo DMV-18, según HD 603-1.

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)		Diámetro exterior (mm) (1)		Peso (kg/km) (1)		Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		Intensidad admisible al aire (2) (A) (Cu)	Intensidad admisible enterrado (3) (A) (Cu)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3) (Cu)	
		Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al			cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
RVFV (Conductor Cu)													
2 x 1,5	0,7	2,8	-	12,4	-	210	-	12,1	-	23	24	30,98	24,92
2 x 2,5	0,7	3,2	-	13,1	-	250	-	7,41	-	32	32	18,66	15,07
2 x 4	0,7	3,6	-	14	-	310	-	4,61	-	44	42	11,68	9,46
2 x 6	0,7	4,3	-	15,1	-	375	-	3,08	-	57	53	7,91	6,43
2 x 10	0,7	5,2	-	17,2	-	510	-	1,83	-	78	70	4,67	3,84
2 x 16	0,7	6,4	-	19,3	-	765	-	1,15	-	104	91	2,94	2,45
2 x 25	0,9	7,7	-	22,5	-	1070	-	0,727	-	135	116	1,86	1,59
2 x 35	0,9	8,8	-	24,7	-	1340	-	0,524	-	168	140	1,35	1,16
2 x 50	1	10,3	-	27,7	-	1730	-	0,204	-	204	166	0,99	0,89
2 x 70	1,1	12	-	31,3	-	2300	-	-	-	262	204	0,69	0,64
2 x 95	1,1	13,8	-	35,5	-	3060	-	-	-	320	241	0,49	
RVFV (Conductor Al)													
3 G 1,5	0,7	2,8	-	12,8	-	230	-	12,1	-	23	24	30,98	24,92
3 G 2,5	0,7	3,2	-	13,6	-	275	-	7,41	-	32	32	18,66	15,07
3 G 4	0,7	3,6	-	14,6	-	350	-	4,61	-	44	42	11,68	9,46
3 G 6	0,7	4,4	-	16,1	-	440	-	3,08	-	57	53	7,9	6,42
3 G 10	0,7	5,2	-	18	-	610	-	1,83	-	78	70	4,67	3,84
3 G 16	0,7	6,1	6,6	20,2	25,8	860	680	1,15	1,91	104	75	2,94	2,45
3 x 25	0,9	7,7	8,4	23,7	26,7	1300	960	0,727	1,2	115	96	1,62	1,38
3 x 35	0,9	8,8	8,9	26,1	29,3	1650	1090	0,524	0,868	143	117	1,17	1,01
3 x 50	1	10,3	10,1	29,3	33,4	2140	1285	0,387	0,641	174	138	0,86	0,77
3 x 70	1,1	12	11,9	33,2	38,3	2890	1670	0,268	0,443	223	170	0,6	0,56
3 x 95	1,1	13,8	13,8	37,8	43,2	3900	2200	0,193	0,32	271	202	0,43	0,42
3 x 120	1,2	15,4	15,3	43	47,5	5130	3015	0,153	0,253	314	230	0,34	0,35
3 x 150	1,4	17,2	17	47,7	53	6380	3610	0,124	0,206	350	260	0,28	0,3
3 x 185	1,6	19,3	19,4	52,4	59,3	7770	4450	0,0991	0,164	409	291	0,22	0,26
3 x 240	1,7	21,8	22,1	58,2	64,8	9730	5495	0,0754	0,125	489	336	0,17	0,21
3 x 300	1,8	24,3	24,3	64,4	72,1	12100	6600	0,0601	0,1	549	380	0,14	0,18.../...

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE2 con instalación tipo E → columna 12 (2x, 3G monofásica).
→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b (3x trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE2 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (2x, 3G monofásica).
→ XLPE3 con instalación tipo D1/D2 (Cu) → (3x trifásica).
Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)		Diámetro exterior (mm) (1)		Peso (kg/km) (1)		Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		Intensidad admisible al aire (2) (A) (Cu)	Intensidad admisible enterrado (3) (A) (Cu)	Caída de tensión (V/A km) (2) y (3) (Cu)	
		Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al			cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
RVFV													
4 x 1,5	0,7	2,8	-	13,5	-	265	-	12,1	-	20	21	26,94	21,67
4 x 2,5	0,7	3,2	-	14,4	-	320	-	7,41	-	28	27,5	16,23	13,1
4 x 4	0,7	3,6	-	15,5	-	405	-	4,61	-	38	35	10,16	8,23
4 x 6	0,7	4,4	-	17,2	-	520	-	3,08	-	49	44	6,87	5,59
4 x 10	0,7	5,2	-	19,4	-	730	-	1,83	-	68	58	4,06	3,34
4 x 16	0,7	6,1	6,6	21,8	23	1030	780	1,15	1,91	91	75	2,56	2,13
4 x 25	0,9	7,7	8,4	25,7	27,9	1580	1100	0,727	1,2	115	96	1,62	1,38
4 x 35	0,9	8,8	8,9	28,8	29,1	2050	1255	0,524	0,868	143	117	1,17	1,01
4 x 50	1	10,3	10,1	32,6	32,1	2720	1545	0,387	0,641	174	138	0,86	0,77
4 x 70	1,1	12	11,9	37,4	37,1	3730	2060	0,268	0,443	223	170	0,6	0,56
4 x 95	1,1	-	13,8	-	43,6	-	3060	-	0,32	271	202	0,43	0,42

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b (4x, trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 → 4x, trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado (3) (A)	Caída de tensión (V/A km)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
RVFV (Conductor Cu)									
3 x 10/10	0,7/0,7	5,2/4,4	19,2	770	1,83/3,08	68	58	4,06	3,34
3 x 16/16	0,7/0,7	6,1/5,2	21,3	1035	1,15/1,83	91	75	2,56	2,13
3 x 25/16	0,9/0,7	7,7/6,1	25,3	1510	0,727/1,15	115	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0,9/0,7	8,8/6,1	27,4	1855	0,525/1,15	143	117	1,17	10,1
3 x 50/25	1/0,9	10,3/7,7	30,6	2390	0,387/0,727	174	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1,1/0,9	12/8,8	35,6	3345	0,268/0,525	223	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1,1/1	13,8/10,3	41,4	4800	0,193/0,387	271	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1,2/1,1	15,4/12	45,7	5920	0,153/0,268	314	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1,4/1,1	17,2/12	49,8	7115	0,124/0,268	359	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1,6/1,1	19,3/13,8	55	8795	0,0991/0,193	409	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1,7/1,2	21,8/15,4	61,2	11030	0,0754/0,153	489	336	0,17	0,21
RVFV (Conductor Al)									
3 x 25	0,9/0,7	8,6/6,6	26,8	1055	1,20/1,91	88	74	2,66	2,21
3 x 35	0,9/0,7	9,1/6,6	27,8	1170	0,868/1,91	109	90	1,93	1,62
3 x 50/25	1/0,9	10,3/8,6	31	1435	0,641/1,2	132	107	1,42	1,22
3 x 70/35	1,1/0,9	12,1/9,1	35,4	1885	0,443/0,868	170	132	0,98	0,87
3 x 95/50	1,1/1	14/10,3	41,3	2770	0,32/0,0641	206	157	0,71	0,65
3 x 120/70	1,2/1,1	15,5/12,1	45,5	3345	0,235/0,443	239	178	0,56	0,53
3 x 150/70	1,4/1,1	17,2/12,1	49,3	3900	0,206/0,443	276	201	0,46	0,44
3 x 185/95	1,6/1,1	19,6/14	55,2	4840	0,164/0,320	315	226	0,37	0,37
3 x 240/120	1,7/1,2	22,3/15,5	61,7	5995	0,125/0,253	372	261	0,28	0,3
3 x 300/150	1,8/1,4	24,5/17,2	67,2	7135	0,100/0,206	429	295	0,22	0,25

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE3 con instalación tipo E → columna 10b (3x, trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo D1/D2 → 3x, trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

En el caso de conductores con sección 3 x a/b, se trata de tres conductores de sección a (las fases) más el conductor de protección de sección b.(Los neutros han de ser igual a las fases salvo justificación por cálculo [ITC-BT 19, apartado 2.2.2., último párrafo]).

RETENAX FLAM F - RVFV

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21123-2
Designación genérica: RVFV

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)		Diámetro exterior (mm) (1)		Peso (kg/km) (1)		Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)		Intensidad admisible al aire (2) (A) (Cu)	Intensidad admisible enterrado (3) (A) (Cu)	Caída de tensión (V/A km) (Cu)	
		Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al			cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
RVFAV (armadura con flejes de aluminio)													
1 x 16	0,7	6,1	6,6	13,9	15,1	340	310	1,15	1,91	91	75	2,51	2,12
1 x 25	0,9	7,7	8,4	15,5	17,1	460	400	0,727	1,2	116	96	1,59	1,37
1 x 35	0,9	8,8	8,9	16,6	17,6	560	435	0,524	0,868	144	117	1,15	1,01
1 x 50	1	10,3	10,1	18,1	18,8	705	495	0,387	0,641	175	138	0,85	0,77
1 x 70	1,1	12	11,9	19,8	20,6	925	605	0,268	0,443	224	170	0,59	0,56
1 x 90	1,1	13,8	13,8	21,6	22,5	1200	730	0,193	0,32	271	198	0,42	0,43
1 x 120	1,2	15,4	15,3	23,2	24	1440	840	0,153	0,253	314	223	0,34	0,36
1 x 150	1,4	17,2	17	25	25,7	1760	960	0,124	0,206	363	250	0,27	0,31
1 x 185	1,6	19,3	19,4	27,1	28,1	2140	1155	0,0991	0,164	415	276	0,22	0,26
1 x 240	1,7	21,8	22,1	29,6	31	2670	1400	0,0754	0,125	490	312	0,17	0,22
1 x 300	1,8	24,3	24,3	32,3	33,4	3320	1655	0,0601	0,1	630	346	0,14	0,19
1 x 400	2	27,2	27,5	35,4	37,6	4120	2085	0,047	0,0778	749	-	0,11	0,17

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (1x trifásica).

Valores corregidos por ser cables unipolares armados.

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 → 1x trifásica.

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Valores corregidos por ser cables unipolares armados.

4.4. Goma

Prysmian Group

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica:	H07RN-F / DN-F

CPR COMPLIANT

E_{ca} CPR

E_{ca}

Nº DoP 1011943

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Resistencia a la absorción del agua
Resistencia al frío
Cable flexible
Resistencia a los rayos ultravioleta
Resistencia a los agentes químicos
Resistencia a las grasas y aceites
Resistencia a la abrasión
Servicios móviles
Resistencia a los golpes

- Temperatura de servicio: -40 °C (fijo protegido), +90 °C (cable termoestable).
- Ensayo de tensión durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego: E_{ca}
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica:	H07RN-F / DN-F

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C (móvil), 250 °C (móvil cortocircuito), 90 °C (fijo), 250 °C (fijo cortocircuito).

2. Aislamiento

Material: elastómero reticulado.
Colores: 1 x: blanco roto. 3 G: azul, marrón y amarillo/verde. 2 x: marrón y azul 4 G : marrón, negro, gris y amarillo/verde. 5 G: azul, marrón, negro, gris y amarillo/verde.
Más de 5 conductores: negros numerados y amarillo/verde.
Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

3. Cubierta

Material: elastómero reticulado.
Color: negro.
Marcado: FLEXTREME MAX - USE ‹HAR› H07RN-F/DN-F - PRYSMIAN 255 - sección - DOP 1011943 - E_{ca} - año - semana S.Y.+
El marcado DN-F sólo se aplica a los casos recogidos en la norma UNE 21150.

Aplicaciones

• Servicios que implican sumersión temporal o permanente en agua dulce o salada (bombas sumergidas, pantalanes, zonas inundables...).
• En talleres industriales con atmósferas explosivas (ITC-BT 29, pto. 2.9), edificios, para aplicaciones y alimentación de aparatos para servicios exigentes en los que los cables estén sometidos a esfuerzos mecánicos de tipo medio (ejemplos: placas de calentamiento, lámparas portátiles, utillajes eléctricos como taladros, sierras circulares y herramientas domésticas eléctricas). En canteras y explotaciones agrícolas.
• Apto para instalaciones fijas y servicio móvil (máquinas y equipos móviles, robots grúas, etc.).
• Prolongadores y enrolladores para uso interior, exterior y/o industrial.
• Adecuado para aquellas instalaciones donde se requiera una gran flexibilidad del cable, siendo especialmente indicados en aquelas aplicaciones industriales debido a sus características de: resistencia al calor y al frío, resistencia a los aceites, grasas e hidrocarburos, resistencia a la intemperie y su muy buen comportamiento frente a la humedad y al agua.
• Conexiones y cableado interior de máquinas (UNE-EN 50565-2).
• Alimentación de equipos portátiles de exterior y de equipos industriales (UNE-EN 50565-2).
• Aparatos en talleres industriales y agrícolas (UNE-EN 50565-2).
• Locales a muy baja temperatura, húmedos, mojados, a la intemperie (ITC-BT 30).
• Provisionales de obras (instalaciones interiores y exteriores) (ITC-BT 33).
• Ferias y stands (ITC-BT 34) (ferias, exposiciones, muestras, stands, alumbrados festivos de calles, barracas de feria, casetas, atracciones... donde no sea necesario Afumex Expo).
• Establecimientos agrícolas y hortícolas (ITC-BT 35).
• Caravanas y parques de caravanas (ITC-BT 41).
• Puertos y marinas para barcos de recreo (ITC-BT 42).
• Para sumersión en agua potable consultar cable Hydrofirm con certificación sanitaria ELL (Alemania) y ACS (Francia).

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica: H07RN-F / DN-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Diámetro exterior máximo (mm)	Radio mínimo de curvatura fijo (mm)	Radio mínimo de curvatura libre (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad admisible al aire instalación fija (1) (A)	Intensidad admisible servicio móvil (2) (A)	Intensidad admisible bajo tubo y enterrado (3) (A)	Intensidad admisible directamente enterrado (4)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Caída de tensión (V/A km)	
											cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 1.5	5,9	6,9	27,6	41,4	50	21	16	21	23	13,3	26,5	21,36
1 x 2,5	6,4	7,4	29,6	44,4	65	29	20	28	30	7,98	15,92	12,88
1 x 4	7,4	8,5	34,0	51	90	40	30	36	39	4,95	9,96	8,1
1 x 6	8,4	9,4	37,6	56,4	120	53	38	44	49	3,3	6,74	5,51
1 x 10	10,2	11,2	44,8	67,2	185	74	53	58	65	1,91	4	3,31
1 x 16	11,4	12,4	50	74,4	260	101	71	75	84	1,21	2,51	2,12
1 x 25	13,4	14,4	58	86,4	360	135	94	96	107	0,78	1,59	1,37
1 x 35	15,1	16,1	64	96,6	480	169	117	115	129	0,554	1,15	1,01
1 x 50	16,9	17,9	72	107,4	660	214	148	135	153	0,386	0,85	0,77
1 x 70	18,7	19,7	79	118,2	870	268	185	167	188	0,272	0,59	0,56
1 x 95	21,1	22,6	90	136	1120	328	222	197	226	0,206	0,42	0,43
1 x 120	23,3	24,8	99	149	1410	383	260	223	257	0,161	0,34	0,36
1 x 150	25,7	27,2	109	163	1710	444	300	251	287	0,129	0,27	0,31
1 x 185	28	29,5	118	177	2080	510	341	281	324	0,106	0,22	0,26
1 x 240	30,6	32,6	130	196	2640	607	407	324	375	0,0801	0,17	0,22
1 x 300	34,2	36,2	145	217	3280	703	468	365	419	0,0641	0,14	0,19
1 x 400	38,5	40,5	162	243	4260	823	553	426	470	0,0486	0,11	0,17
1 x 500	46,9	49,5	198	297	6240	946	634	481	525	0,0384	0,088	0,136
1 x 630*	50	53,2	213	319	7370	1088	742	545	605	0,0287	0,07	0,107
2 x 1*	8,5	9,5	38,0	57	95	20,5	10	20	22	19,5	46,47	37,38
2 x 1.5	8,8	9,8	39,2	58,8	110	26	16	25	27	13,3	30,98	24,92
2 x 2,5	10,4	11,4	45,6	68,4	155	36	25	33	35	7,98	18,66	15,07
2 x 4	12,6	13,6	54	81,6	220	49	34	43	46	4,95	11,68	9,46
2 x 6	14,3	15,3	61	91,8	310	63	43	53	58	3,3	7,90	6,43
2 x 10	19,1	20,1	80	121	550	86	60	71	77	1,91	4,67	3,84
2 x 16	21,6	23,1	92	139	740	115	79	91	100	1,21	2,94	2,45
2 x 25	25,9	27,4	110	164	1080	149	105	116	129	0,78	1,86	1,59
2 x 35*	29	30,5	122	183	1400	185	130	139	155	0,554	1,35	1,16
2 x 50*	32,9	34,9	140	209	1890	225	163	164	183	0,386	0,99	0,89

(1) Instalación al aire en bandeja perforada o rejilla (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tabla B.52.12 (método E multiconductores y F unipolares).

(2) Servicio móvil al aire o cables tocando una superficie (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-EN 50565-1, tablas C.2 y C.3 (temperatura máxima en el conductor 60° C para evitar quemaduras por contacto con la cubierta del cable).

(3) Instalación bajo tubo y enterrado (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52,5 (trifásica). Método D1.

(4) Instalación directamente enterrado, sin tubo o conducto (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52.5 (trifásica). Método D2.
Cables 1x, 4G y 5G → trifásica (3 conductores cargados).
Cables 2x y 3G → monofásica (2 conductores cargados).
Cables de más de 5 conductores supuestos cargados todos menos 1 (el conductor de protección) (intensidades Prysmian). Caídas de tensión para cables de más de 5 conductores supuesta entre dos conductores activos de un mismo circuito monofásico.

* Sólo suministrable en versión H07RN-F por no ser formación contemplada en la norma de diseño de DN-F (UNE 21150).

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica: H07RN-F / DN-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Diámetro exterior máximo (mm)	Radio mínimo de curvatura fijo (mm)	Radio mínimo de curvatura libre (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad admisible al aire instalación fija (1) (A)	Intensidad admisible servicio móvil (2) (A)	Intensidad admisible bajo tubo y enterrado (3) (A)	Intensidad admisible directamente enterrado (4)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Caída de tensión (V/A km)	
											cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
3 G 1*	9,1	10,1	40,4	60,6	115	20	10	20	22	19,5	46,47	37,38
3 G 1,5	9,4	10,4	41,6	62,4	130	26	16	25	27	13,3	30,98	24,92
3 G 2,5	11,4	12,4	50	74,4	200	36	25	33	35	7,98	18,66	15,07
3 G 4	12,9	13,9	56	83,4	270	49	35	43	46	4,95	11,68	9,46
3 G 6	15	16	64	96	370	63	44	53	58	3,3	7,90	6,43
3 G 10	20,5	22	88	132	670	86	62	71	77	1,91	4,67	3,84
3 G 16	23	24,5	98	147	920	115	82	91	100	1,21	2,94	2,45
3 G 25	27,7	29,2	117	175	1340	149	109	116	129	0,78	1,86	1,59
3 G 35	30,9	32,9	132	197	1740	185	135	139	155	0,554	1,35	1,16
3 G 50	34,9	36,9	148	221	2380	225	169	164	183	0,386	0,99	0,89
3 G 70	38,7	40,7	163	244	3110	289	211	203	225	0,272	0,69	0,64
3 G 95	43,4	45,9	184	275	3990	352	250	239	270	0,206	0,49	0,48
3 G 120	48	50,5	202	303	5000	410	292	271	306	0,161	0,39	0,40
3 G 150	53,3	56,3	225	338	6120	473	335	306	343	0,129	0,32	0,23
3 G 185	58,1	61,1	244	367	7330	542	378	343	387	0,106	0,25	0,30
3 G 240	65,7	68,7	275	412	9470	641	447	395	448	0,0801	0,20	0,24
4 G 1*	10,2	11,2	44,8	67,2	145	18	10	17	18	19,5	40,41	32,5
4 G 1,5	10,8	11,8	47,2	70,8	160	23	16	21	23	13,3	26,94	21,67
4 G 2,5	12,5	13,5	54	81	240	32	20	28	30	7,98	16,23	13,1
4 G 4	14,4	15,4	62	92,4	330	42	30	36	39	4,95	10,16	8,23
4 G 6	16,4	17,4	70	104,4	490	54	37	44	49	3,3	6,87	5,59
4 G 10	22,5	24	96	144	790	75	52	58	65	1,91	4,06	3,34
4 G 16	25,2	26,7	107	160	1140	100	69	75	84	1,21	2,56	2,13
4 G 25	30,6	32,6	130	196	1680	127	92	96	107	0,78	1,62	1,38
4 G 35	34	36	144	216	2180	158	114	115	129	0,554	1,17	1,01
4 G 50	38,6	40,6	162	244	2920	192	143	135	153	0,386	0,86	0,77
4 G 70	43	45,5	182	273	3990	246	178	167	188	0,272	0,6	0,56
4 G 95	49,1	51,6	206	310	5200	298	210	197	226	0,206	0,43	0,42
4 G 120	53,3	56,3	225	338	6410	346	246	223	257	0,161	0,34	0,35
4 G 150	59,6	62,6	250	376	7480	399	282	251	287	0,129	0,28	0,2
4 G 185	64,9	67,9	272	407	9520	456	319	281	324	0,106	0,22	0,26
4 G 240	73,2	76,2	305	457	12170	538	377	324	375	0,0801	0,17	0,21

(1) Instalación al aire en bandeja perforada o rejilla (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tabla B.52.12 (método E multiconductores y F unipolares).

(2) Servicio móvil al aire o cables tocando una superficie (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-EN 50565-1, tablas C.2 y C.3.

(3) Instalación bajo tubo y enterrado (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52,5 (trifásica). Método D1.

(4) Instalación directamente enterrado, sin tubo o conducto (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52.5 (trifásica). Método D2.
Cables 1x, 4G y 5G → trifásica (3 conductores cargados).
Cables 2x y 3 → monofásica (2 conductores cargados).
Cables de más de 5 conductores supuestos cargados todos menos 1 (el conductor de protección) (intensidades Prysmian).

Caídas de tensión para cables de más de 5 conductores supuesta entre dos conductores activos de un mismo circuito monofásico.

* Sólo suministrable en versión H07RN-F por no ser formación contemplada en la norma de diseño de DN-F (UNE 21150).

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica: H07RN-F / DN-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Diámetro exterior máximo (mm)	Radio mínimo de curvatura fijo (mm)	Radio mínimo de curvatura libre (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad admisible al aire instalación fija (1) (A)	Intensidad admisible servicio móvil (2) (A)	Intensidad admisible bajo tubo y enterrado (3) (A)	Intensidad admisible directamente enterrado (4)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Caída de tensión (V/A km)	
											cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
5 G 1*	11	12	48	72	170	18	10	17	18	19,5	40,41	32,5
5 G 1,5	11,5	12,5	50	75	200	23	16	21	23	13,3	26,94	21,67
5 G 2,5	13,7	14,7	59	88,2	295	32	20	28	30	7,98	16,23	13,1
5 G 4	16	17	68	102	420	42	30	36	39	4,95	10,16	8,23
5 G 6	18,7	19,7	79	118,2	570	54	38	44	49	3,3	6,87	5,59
5 G 10	24,7	26,2	105	157	1000	75	54	58	65	1,91	4,06	3,34
5 G 16	27,9	29,4	118	176	1370	100	71	75	84	1,21	2,56	2,13
5 G 25	34	36	144	216	2090	127	94	96	107	0,78	1,62	1,38
5 G 35	37,9	39,9	160	239	2730	158	114	115	129	0,554	1,17	1,01
5 G 50	43	45,5	182	273	3770	192	143	135	153	0,386	0,86	0,77
5 G 70	47,4	49,9	200	299	4910	246	178	167	188	0,272	0,6	0,56
5 G 95	53,8	56,8	227	341	6360	298	210	197	226	0,206	0,43	0,42
7 G 1*	14,8	15,8	63	94,8	290	12	6,5	10	11	19,5	46,47	37,38
7 G 1.5*	15,3	16,3	65	97,8	340	15	10,4	12,5	12	13,3	30,98	24,92
7 G 2,5*	17,6	18,6	74	111,6	470	21	13	17	18	7,98	18,66	15,07
7 G 4*	21,1	22,6	90	136	680	27	19,5	22	23	4,95	11,68	9,46
10 G 1,5*	17,6	18,6	74	111,6	450	12,5	9	10,5	10	13,3	30,981	24,9205
10 G 2,5*	20,6	22,1	91	136	640	17,5	11	14	15	7,98	18,6645	15,065
10 G 4*	24,4	25,9	104	155	930	23	16,5	18	19,5	4,95	11,684	9,4645
12 G 1*	17,7	18,7	75	112,2	410	9	5	7,5	8	19,5	46,47	37,38
12 G 1,5*	18,4	19,4	78	116,4	490	11,5	8	9,5	9	13,3	30,98	24,92
12 G 2,5*	21,2	22,7	88	133	690	16	10	12,5	13,5	7,98	18,66	15,07
12 G 4*	25,7	27,2	109	163	980	21	15	16	17,5	4,95	11,68	9,46
16 G 1,5*	20,2	21,7	87	130	610	11,5	8	9,5	9	13,3	30,98	24,92
16 G 2,5*	23,6	25,1	100	151	880	16	10	12,5	13,5	7,98	18,66	15,07
16 G 4*	28,5	30,5	122	183	1260	21	15	16	17,5	4,95	11,68	9,46
18 G 1*	20,8	21,8	87	131	580	8	4,5	7	7	19,5	46,47	37,38
18 G 1,5*	21,4	22,9	92	137	680	10,5	7	8,5	8	13,3	30,98	24,92
18 G 2,5*	24,9	26,4	106	158	990	14,5	9	11	12	7,98	18,66	15,07
18 G 4*	30,3	32,3	129	194	1420	19	13,5	14,5	15,5	4,95	11,68	9,46
19 G 1,5*	22,2	23,7	95	142	710	10,5	7	8,5	8	13,3	30,98	24,92
19 G 2,5*	26	27,5	110	165	1020	14,5	9	11	12	7,98	18,66	15,07

(1) Instalación al aire en bandeja perforada o rejilla (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tabla B.52.12 (método E multiconductores y F unipolares).

(2) Servicio móvil al aire o cables tocando una superficie (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-EN 50565-1, tablas C.2 y C.3.

(3) Instalación bajo tubo y enterrado (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52,5 (trifásica). Método D1.

(4) Instalación directamente enterrado, sin tubo o conducto (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52.5 (trifásica). Método D2.
Cables 1x, 4G y 5G → trifásica (3 conductores cargados).
Cables 2x y 3G → monofásica (2 conductores cargados).
Cables de más de 5 conductores supuestos cargados todos menos 1 (el conductor de protección) (intensidades Prysmian).
Caídas de tensión para cables de más de 5 conductores supuesta entre dos conductores activos de un mismo circuito monofásico.
Los cables de más de 5 conductores están diseñados según UNE-EN 50525-2-21 (H07RN-F).
* Sólo suministrable en versión H07RN-F por no ser formación contemplada en la norma de diseño de DN-F (UNE 21150).

FLEXTREME MAX - H07RN-F / DN-F

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-EN 50525-2-21 / Basado en UNE 21150
Designación genérica: H07RN-F / DN-F

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Diámetro exterior máximo (mm)	Radio mínimo de curvatura fijo (mm)	Radio mínimo de curvatura libre (mm)	Peso aprox. (kg/km)	Intensidad admisible al aire instalación fija (1) (A)	Intensidad admisible servicio móvil (2) (A)	Intensidad admisible bajo tubo y enterrado (3) (A)	Intensidad admisible directamente enterrado (4)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Caída de tensión (V/A km)	
											cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
24 G 1,5*	25	26,5	106	159	920	9	6,5	7,5	7	13,3	30,98	24,92
24 G 2,5*	29,4	30,9	124	185	1330	13	8	10	10,5	7,98	18,66	15,07
24 G 4*	35,6	37,6	150	226	1900	17	12	12,5	13,5	4,95	11,68	9,46
27 G 1*	24,8	26,3	105	158	810	7	4	6	6,5	19,5	46,47	37,38
27 G 1,5*	25,4	26,9	108	161	950	9	6,5	8,2	7,8	13,3	30,98	24,92
27 G 2,5*	29,9	31,4	126	188	1330	13	8	10	10,5	7,98	18,66	15,07
27 G 4*	35,8	37,8	151	227	1940	17	12	12,5	13,5	4,95	11,68	9,46
48 G 2,5*	39,4	41,4	166	248	2420	10,5	6,5	8	8,5	13.3	18,66	15,07
50 G 1*	33,6	35,6	142	214	1440	6	3,5	5	5	19,5	46,47	37,38
50 G 1,5*	34,2	36,2	145	217	1660	7,5	5,5	6	5,5	13,3	30,98	24,92

(1) Instalación al aire en bandeja perforada o rejilla (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tabla B.52.12 (método E multiconductores y F unipolares).

(2) Servicio móvil al aire o cables tocando una superficie (temperatura ambiente 30 °C). Valores obtenidos de UNE-EN 50565-1, tablas C.2 y C.3.

(3) Instalación bajo tubo y enterrado (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52,5 (trifásica). Método D1.

(4) Instalación directamente enterrado, sin tubo o conducto (temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica de 2,5 K·m/W). Valores obtenidos de UNE-EN 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) tablas B.52.3 (monofásica) y B.52.5 (trifásica). Método D2.

Cables 1x, 4G y 5G → trifásica (3 conductores cargados).
Cables 2x y 3G → monofásica (2 conductores cargados).
Cables de más de 5 conductores supuestos cargados todos menos 1 (el conductor de protección) (intensidades Prysmian).

Caídas de tensión para cables de más de 5 conductores supuesta entre dos conductores activos de un mismo circuito monofásico.

Los cables de más de 5 conductores están diseñados según UNE-EN 50525-2-21 (H07RN-F).

* Sólo suministrable en versión H07RN-F por no ser formación contemplada en la norma de diseño de DN-F (UNE 21150).

4.5. Distribución

Prysmian Group

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) - AL XZ1 (S)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-1
Designación genérica: AL XZ1 (S)

CPR COMPLIANT

Eca CPR

Eca

Nº DoP 1003852

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It=1
DEF-STAN 02-713

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a las grasas y aceites

Resistencia a los golpes

Resistencia al ozono

- Temperatura de servicio: -40 °C (fijo protegido), +90 °C (cable termoestable).
- Ensayo de tensión durante 5 min: 6500 Vac / 15000 Vdc.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Nivel de prestación: E_{ca}
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575.2014/A1:2016
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  IEC 60332-1-2
- Opacidad humos:
  IEC 61034-1/-2
- Libre de halógenos:
  IEC 60754-1
- Emisión gases corrosivos:
  IEC 60754-2

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) - AL XZ1 (S)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-1
Designación genérica: AL XZ1 (S)

✓ Normalizado por las principales compañías eléctricas

✓ Características técnicas

Norma de referencia	UNE-HD 603-5X-2
Temperatura de servicio (Instalación fija)	-40 °C (fijo portegido) + 90 °C
Temperatura máxima en régimen de cc	250 °C
Radio mínimo de curvatura	5D (D = diámetro exterior)
Màximo esfuerzo de tracción	30 N/mm²
Tensión asignada c.a.	0.6/1 kV
Tensión asignada en c.c.	Uo/U = 1,5/1,5 kVdc
Tensión máxima en c.a.- c.c.	1,2/1,2 kVac - 1,8/1,8 kVdc; UNE-EN 50618, IEC 60502-1
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)
Ensayo de tensión durante 5 min. (EN 50618)	6,5 kVac y 15 kVdc
Ensayo de tensión durante 5 min. (HD 603-5X)	3,5 kV
Posibilidad intermitente parcial o total de estar cubierto en agua	AD7
Resistencia UV	UNE HD 605 S2
Resistencia al ozono	UNE-EN 50618
Resistencia a la penetración de la humedad por la unión entre aislamiento y cubierta.	
Resistencia a la abrasión	Masa aplicada: 18 kg N° de desplazamientos: 8
Carga mínima de rotura (cubierta)	12,5 N/mm²
Alargamiento mínimo hasta la rotura (cubierta)	300 %
Resistencia al desgarro (cubierta)	9 N/mm (UNE HD 605-1)
Resistencia de aislamiento a 90 °C conductor	1012 Ω·cm
Constante de resistencia aislamiento Ki	3,67 MΩ·cm
Menor impacto ambiental por la eliminación de estabilizantes con plomo y plastificantes.	

Construcción

1. Conductor

Metal: aluminio clase 2 de acuerdo a IEC 60228.

2. Aislamiento

Material: mezcla polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según HD 603-1.
Color: natural.

3. Cubierta exterior

Material: mezcla LSOH tipo flamex DM01, según UNE HD 603-5.
Color: negro.

Aplicaciones

Cable de baja tensión libre de halógenos para instalaciones subterráneas e instalaciones al aire.

Adecuado para instalación en sistemas fotovoltaicos cuya tensión entre conductores o entre conductor y tierra no supere los 1800 Vdc. Incluídos sistemas en isla (IT).

Permitido para soterramiento directo (sin tubo o conducto).

Acometidas (ITC-BT 11).

Redes subterráneas de distribución (ITC-BT 07).

Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20) salvo aplicación de Afumex Class (AS) (ver ITC-BT 28 y R.D. 2267/2004).

AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S) - AL XZ1 (S)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-1
Designación genérica: AL XZ1 (S)

Datos técnicos

Sección (mm)	Diametro conductor (mm)	Espesor de aislam. (mm)	Diámetro nom. aislam. (mm)	Diámetro ext. (mm)	Radio de curv. (mm)	Peso aprox. (Kg/km)	Intensidad de corriente al aire** (2)		Intensidad de corriente directamente enterrado** (2)		Intensidad de corriente bajo tubo y enterrado** (3)		Resist. del cond. (Ω/km)	Máx. caida de tensión cc más (90° C) (V/(A.Km)
							2 cables (A)	3 cables (A)	2 cables (A)	3 cables (A)	2 cables (A)	3 cables (A)		
1 x 16	4,65	0,7	6,1	8,3	41,5	85	95	76	76	64	71	59	1,91	3,82
1 x 25	5,85	0,9	7,7	9,9	49,5	124	121	103	98	82	90	75	1,200	2,40
1 x 35	6,75	0,9	8,6	10,8	54	153	150	129	117	98	108	90	0,868	1,736
1 x 50	8,0	1	10,1	12,5	62,5	200	184	159	139	117	128	106	0,641	1,282
1 x 70	10,0	1,1	11,9	14,5	72,5	265	237	206	170	144	158	130	0,443	0,886
1 x 95	11,2	1,1	13,8	15,8	79	340	289	253	204	172	186	154	0,320	0,640
1 x 120	12,6	1,2	15,3	17,4	87	420	337	296	233	197	211	174	0,253	0,506
1 x 150	13,85	1,4	17	19,3	96,5	515	389	343	261	220	238	197	0,206	0,412
1 x 185	16,0	1,6	19,4	21,4	107	645	447	395	296	250	267	220	0,164	0,328
1 x 240	18,0	1,7	22,1	24,2	121	825	530	471	343	290	307	253	0,125	0,250
1 x 300	20,0	1,8	24,3	26,7	133,5	1035	613	547	386	326	346	286	0,100	0,200
1 x 400	22,6	2,0	27,0	30,0	150	1345	740	663	448	370	415	350	0,0778	0,156
1 x 500	26,0	2,2	30,4	33,6	252	1660	856	770	510	420	470	400	0,0605	0 ,121
1 x 630	30,0	2,4	34,8	38,6	290	2160	996	899	590	480	545	460	0,0469	0,094

* Valores sujetos a tolerancias de fabricación.

** Intensidad máxima admisible según UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52).

(1) Considerando 2 o 3 conductores cargados tendidos en contacto al aire a temperatura ambiente de 30 °C. Instalación tipo F, tabla B.52.13 de UNE-HD 60364-5-52 y IEC 60364-5-52 .

(2) Considerando 2 o 3 conductores cargados tendidos en contacto y directamente enterrados a una profundidad de 0,7 m, temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica del suelo de 2,5 K·m/W según tabla B.52.3 y table B.52.5 de UNE-HD 60364-5-52, (IEC 60364-5-52). Instalación tipo D2.

Secciones superiores a 300 mm² calculadas según IEC 60287.

(3) Considerando 2 o 3 conductores unipolares cargados tendidos en contacto y enterrados bajo tubo a una profundidad de 0,7 m, temperatura del terreno 20 °C y resistividad térmica del suelo de 2,5 K·m/W según tabla B.52.3 y tabla B.52.5 de UNE-HD 60364-5-52, (IEC 60364-5-52). Instalación tipo D1. Secciones superiores a 300 mm² calculadas según IEC 60287.

AL VOLTALENE FLAMEX (AS) - AL XZ1 (AS)

ECO CABLE

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-2
Designación genérica: AL XZ1 (AS)

CPR COMPLIANT

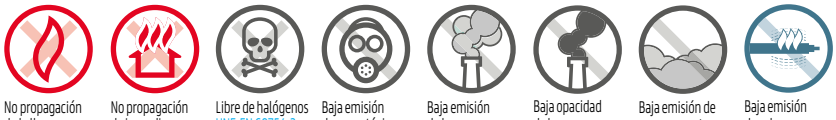
Cca CPR

C_{ca}-s1b,d2,a1

Nº DoP 1009494

AENOR CABLE ELÉCTRICO

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop



No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

No propagación de incendio
UNE-EN 50399
UNE-EN 60332-3-24
IEC 60332-3-24

Libre de halógenos
UNE-EN 60754-2
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-2
IEC 60754-1

Baja emisión de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
NFC 20454. It= 1
DEF-STAN 02-713

Baja emisión de humos
UNE-EN 50399

Baja opacidad de humos
UNE-EN 61034-2
IEC 61034-2

Baja emisión de gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453

Baja emisión de calor
UNE-EN 50399

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a las grasas y aceites

Resistencia a los golpes

Resistencia al ozono

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C. (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C_{ca}-s1b,d2,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:
  UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:
  UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.
- No propagación del incendio:
  UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:
  UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;
  IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:
  UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:
  UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:
  UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
  UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:
  UNE-EN 50399.

AL VOLTALENE FLAMEX (AS) - AL XZ1 (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-2
Designación genérica: AL XZ1 (AS)

- Comportamiento frente al fuego mejorado
- Normalizado por las principales compañías eléctricas
- Características técnicas

Norma de referencia	UNE-HD 603-5X-2
Temperatura de servicio (Instalación fija)	-40 °C (fijo portegido) + 90 °C
Temperatura máxima en régimen de cc	250 °C
Radio mínimo de curvatura	5D (D = diámetro exterior)
Màximo esfuerzo de tracción	30 N/mm²
Tensión asignada c.a.	0.6/1 kV
Tensión asignada en c.c.	Uo/U = 1,5/1,5 kVdc
Tensión máxima en c.a.- c.c.	1,2/1,2 kVac - 1,8/1,8 kVdc; UNE-EN 50618, IEC 60502-1
Adecuado para sistemas anti-PID	Tensión máxima eficaz: 1200 V (>906 V) Tensión máxima de pico: 1697 V (>1468 V)
Ensayo de tensión durante 5 min. (EN 50618)	6,5 kVac y 15 kVdc
Ensayo de tensión durante 5 min. (HD 603-5X)	3,5 kV
Resistencia UV	UNE HD 605 S2
Resistencia al ozono	UNE-EN 50618
Resistencia a la abrasión	Masa aplicada: 18 kg N° de desplazamientos: 8
Carga mínima de rotura (cubierta)	12,5 N/mm²
Alargamiento mínimo hasta la rotura (cubierta)	300 %
Resistencia al desgarro (cubierta)	9 N/mm² (UNE HD 605-1)
Resistencia de aislamiento a 90 °C conductor	1012 Ω·cm
Constante de resistencia aislamiento Ki	3,67 MΩ·cm
Menor impacto ambiental por la eliminación de estabilizantes con plomo y plastificantes.	

Construcción

1. Conductor

Metal: aluminio clase 2 de acuerdo a IEC 60228.

2. Aislamiento

Material: mezcla polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según HD 603-1.
Color: natural.

3. Relleno

Material: mezcla LSOH libre de halógenos (Afumex CPR).

4. Cubierta exterior

Material: mezcla LSOH tipo flamex DMO 1, según UNE HD 603-1.
Color: negro con franja verde.

Aplicaciones

Cable de baja tensión de alta seguridad para instalaciones subterráneas e instalaciones al aire.

Especialmente diseñado para redes de distribución al aire subterráneas (galerías, zanjas registrables, atarjeas o canales revisables).

Permitido para soterramiento directo (sin tubo o conducto).

Acometidas (ITC-BT 11).

Redes subterráneas de distribución (ITC-BT 07).

AL VOLTALENE FLAMEX (AS) - AL XZ1 (AS)

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE-HD 603-5X-2
Designación genérica: AL XZ1 (AS)

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro sobre aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Intensidad admisible enterrado trifásica (3) (A)	Caída de tensión (V/A km)	
								cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1 x 50	1	10,0	17	408	0,641	140	107	1,39	1,21
1 x 150	1,4	16,6	23,7	835	0,206	294	201	0,45	0,45
1 x 185	1,6	18,8	25,8	990	0,164	337	226	0,36	0,37
1 x 240	1,7	21,3	28,3	1205	0,125	399	261	0,27	0,30

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación en bandeja al aire (40 °C).
→ XLPE3 con instalación tipo F → columna 11 (Al) (trifásica).

(3) Instalación enterrada, directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.
→ XLPE3 con instalación tipo método D1/D2 (Al) (trifásica).

Según UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

AL POLIRRET CPRO - AL RZ

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21030-1
Designación genérica: AL RZ

CPR COMPLIANT

F_{ca} CPR

F_{ca}

Nº DoP 1003860

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

AENOR CABLE ELÉCTRICO

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): F_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575.2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.

Resistencia a la intemperie

Es evidente que en un clable destinado a prestar servicio al aire libre, en el que, además, el aislamiento constituye al propio tiempo la cubierta de protección, los ensayos de resistencia a los efectos de la radiación ultravioleta, el ozono y a la humedad saturante en una atmósfera agresiva de dioxido de azufre, adquieren una destacada importancia. La citada Norma UNE 21030, especifica los ensayos que deben superar estos cables para garantizar una satisfactoria y prolongada vida útil de estos materiales.

AL POLIRRET CPRO - AL RZ

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21030-1
Designación genérica: AL RZ

Construcción

1. Conductor

Metal: aluminio en los conductores activos.
Flexibilidad: rígido, clase 2, según UNE EN 60228.
Neutro fiador: cuando el cable dispone de neutro fiador, este está constituido por una cuerda de alambres de aleación de Al-Mg-Si (Almelec). Por sus especiales características hace la función de neutro y de cuerda portante en redes tensadas.
Las características mecánicas del fiador de Almelec (Alm) son:
• Coeficiente de dilatación lineal: 23 x 10-6 K^{-1}.
• Módulo de elasticidad: 62000 N/mm^2.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Cubierta aislante

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE).
Color: negro.

3. Reunión

Conductores aislados reunidos entre sí o en torno al neutro fiador si dispone de él.

Aplicaciones

Especialmente adecuados para instalaciones de líneas tensadas autosoportadas sobre apoyos o posadas sobre fachadas de los edificios.

• Redes aéreas de distribución (ITC-BT 06).
• Instalaciones aéreas tensadas o posadas (ITC-BT 20).

NOTA IMPORTANTE: no se deben utilizar instalaciones subterráneas ni empotradas

AL POLIRRET CPRO - AL RZ

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21030-1
Designación genérica: AL RZ

Datos técnicos

Sección de conductor (mm²)	Carga de rotura mínima (daN)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro conductor aislado (mm) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)
Conductor: fase o neutro no fiador				
16	190	1,2	7,9	1,91
25	300	1,4	9,6	1,2
50	600	1,6	12,3	0,641
95	1140	1,8	16,1	0,32
150	1800	2	19,3	0,206
Conductor: neutro fiador ALMELEC				
29,5	870	1,4	10,4	1,15
54,6	1660	1,6	13	0,63
80	2000	1,8	15,8	0,4

(1) Valores aproximados.

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Diámetro envolvente (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Intensidad admisible (cable expuesto al sol a 40 °C) (A)	Caída de tensión (V/A km)	
				cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 16 Al	15,8	145	72	4,88	4
2 x 25 Al	19,2	225	95	3,06	2,54
4 X 16 Al	18	285	56	4,24	3,48
4 X 25 Al	23,1	445	76	2,66	2,21
4 x 50 Al	29,6	770	115	1,62	1,22
3 x 95 / 50 Al	38	1250	185	0,71	0,65
3 x 150 / 95 Al	46,5	1875	250	0,46	0,44
1 x 16 Al /29,5 Alm	16,8	187	72	4,88	4
1 x 25 Al /54,6 Alm	22,6	310	95	3,06	2,54
1 x 50 Al /54,6 Alm	25,3	385	145	1,61	1,4
2 x 16 Al /29,5 Alm	17,5	255	72	1,88	4
3 x 16 Al /29,5 Alm	20	320	66	4,24	3,48
3 x 25 Al /29,5 Alm	27,1	425	76	2,66	2,21
3 x 25 Al /54,6 Alm	31	535	76	2,66	2,21
3 x 50 Al /29,5 Alm	32,1	640	115	1,42	1,22
3 x 50 Al /54,6 Alm	36	765	115	1,42	1,22
3 x 95 Al /54,6 Alm	44	1250	185	0,71	0,65
3 x 150 Al /80 Alm	51	1700	250	0,46	0,44

(1) Valores aproximados.

Intensidades admisibles para cables expuestos al sol según UNE 211435 para cables protegidos del sol. Ver tabla A.2. de la norma.

Las características mecánicas del fiador de Almelec (Alm) son:
- Coeficiente de dilatación lineal: 23×10^{-6} K^{-1}.
- Módulo de elasticidad: 62000 N/mm².

En el caso de cables con sección 3 x a/b, se trata de tres conductores de sección a (las fases) más un conductor de sección b (el neutro).

Los cables con sección 1 x a/b son para tendidos monofásicos. a es la fase y b el neutro fiador de Almelec (Alm).

POLIRRET FERIEX CPRO - RZ

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21030-2
Designación genérica:	RZ

CPR COMPLIANT

Fca CPR

Fca

Nº DoP 1003874

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

Resistencia a la absorción del agua

Resistencia al frío

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 3500 V.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): F_{ca}.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575.2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.

Resistencia a la intemperie

Es evidente que en un clable destinado a prestar servicio al aire libre, en el que, además, el aislamiento constituye al propio tiempo la cubierta de protección, los ensayos de resistencia a los efectos de la radiación ultravioleta, el ozono y a la humedad saturante en una atmósfera agresiva de dioxido de azufre, adquieren una destacada importancia. La citada Norma UNE 21030, especifica los ensayos que deben superar estos cables para garantizar una satisfactoria y prolongada vida útil de estos materiales.

POLIRRET FERIEX CPRO - RZ

Tensión asignada:	0,6/1 kV
Norma diseño:	UNE 21030-2
Designación genérica:	RZ

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: rígido, clase 2, según UNE EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Cubierta aislante

Material: mezcla de polietileno reticulado (XLPE).
Color: negro.

3. Reunión

Haz trenzado de conductores aislados de cobre.

Aplicaciones

Especialmente adecuados para instalaciones de líneas tensadas autosoportadas sobre apoyos o posadas sobre fachadas de los edificios.

- Redes aéreas de distribución (ITC-BT 06).
- Redes aéreas de alumbrado exterior (ITC-BT 09)
- Instalaciones aéreas tensadas o posadas (ITC-BT 20).

NOTA IMPORTANTE: no se deben utilizar instalaciones subterráneas ni empotradas

POLIRRET FERIEX CPRO - RZ

Tensión asignada: 0,6/1 kV
Norma diseño: UNE 21030-2
Designación genérica: RZ

Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm²)	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro envolvente (mm) (1)	Peso total (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible (cable expuesto al sol a 40 °C) (A)	Caída de tensión (V/A km)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
2 x 4	1,2	9,9	100	4,61	40	11,68	9,46
2 x 6	1,2	10,6	135	3,08	52	7,9	6,43
2 x 10	1,2	12,4	210	1,83	70	4,67	3,84
2 x 16	1,2	14,3	320	1,15	94	2,94	2,45
3 G 4	1,2	10,7	150	4,61	40	11,68	9,46
4 X 4	1,2	12	200	4,61	31	10,16	8,23
4 X 6	1,2	12,8	270	3,08	39	6,87	5,59
4 X 10	1,2	15	425	1,83	54	4,06	3,34
4 X 16	1,2	17,3	640	1,15	72	2,56	2,13
4 X 25	1,4	21,1	1005	0,727	108	1,62	1,38
5 G 4	1,2	13,4	250	4,61	31	10,16	8,23
5 G 6	1,2	14,3	335	3,08	39	6,87	5,59
5 X 10	1,2	16,8	529	1,83	54	4,06	3,34
5 G 16	1,2	19,3	800	1,15	72	2,56	2,13

(1) Valores aproximados.

Intensidades admisibles para cables expuestos al sol según UNE 211435 (excepto 4x25) para cables protegidos del sol. Ver tabla A.2. de la norma.

4.6. Comunicaciones

Prysmian Group

DATAX LiYCY CPRO - LiYCY

Tensión asignada: 250 V
Norma diseño: Basado en UNE 212016 y VDE 812
Designación genérica: LiYCY

CPR COMPLIANT

E$_{ca}$ CPR

E$_{ca}$

Nº DoP 1004650

DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
https://es.prysmiangroup.com/dop

No propagación de la llama
UNE-EN 60332-1-2
IEC 60332-1-2

Cable flexible

Resistencia a la absorción del agua

- Temperatura de servicio (instalación fija): -15 °C, +80 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 1 min: 1000 V.
- Radio de curvatura: 15 x D

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): E$_{ca}$.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: UNE-EN 60332-1-2.

Alta protección electromagnética

Gracias a su pantalla de trenza de cobre estañado con cobertura mínima del 60 %, muy por encima de las versiones que se pueden encontrar en el mercado, nuestra gama de apantallados proporciona una alta inmunidad a las interferencias con una óptima calidad en la transmisión de las señales, así como mayor seguridad y vida útil para los equipos.

Normativa de fuego completa (incluídas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama: UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2

DATAX LiYCY CPRO - LiYCY

Tensión asignada: 250 V
Norma diseño: Basado en UNE 212016 y VDE 812
Designación genérica: LiYCY

Aplicaciones

Cable flexible apantallado con trenza de hilos de cobre para transmisión de datos, señales analógicas y/o digitales en plantas industriales, instrumentos de medida y control en entornos con influencias electromagnéticas. Instrumentación/control analógico de caudal, nivel, válvulas, presión, temperatura, etc.

Ver esquema de aplicación en apartado: 3.13.

Construcción

1. Conductor

Metal: cobre recocido.
Flexibilidad: flexible clase 5, según UNE-EN 60228.
Temperatura máxima en el conductor:
80 °C en servicio permanente.

2. Aislamiento

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC).
Color: según código DIN 47100.

3. Cableado

Conductores cableados en capas concéntricas agrupados con cinta de poliéster.

4. Pantalla

Material: trenza de hilos de cobre estañado con cobertura mínima del 60 %.

5. Cubierta

Material: mezcla de policloruro de vinilo (PVC) especial extraflexible o libre de halógenos (opcional).
Color: Gris.

DATAX LiYCY CPRO - LiYCY

Tensión asignada: 250 V
Norma diseño: Basado en UNE 212016 y VDE 812
Designación genérica: LiYCY

Datos técnicos

Sección (mm²)	Diámetro exterior (mm²)	Peso (kg/km)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Presentación
2 x 0,50	5,7	45	39,0	Bobina 500 m
2 x 0,75	6,5	53	26,0	Bobina 500 m
2x1	7,2	61	19,5	Bobina 500 m
2 x 1,5	7,7	63	13,3	Bobina 500 m
3 x 0,50	6	54	39,0	Bobina 500 m
3 x 0,75	6,8	60	26,0	Bobina 500 m
3x1	7,6	64	19,5	Bobina 500 m
4 x 0,50	6,5	65	39,0	Bobina 500 m
4 x 0,75	7,4	80	26,0	Bobina 500 m
4x1	8,4	78	19,5	Bobina 500 m
5 x 0,14	4,7	33		Bobina 500 m

Los cables Datax LiYCY se suministran en bobinas estándares de 500 metros sin corte.

5. Accesorios

Prysmian Group

Guía de selección de accesorios

Fotovoltaica

Tipo accesorio	Aplicación	Accesorio BT	Página
Conectores y latiguillos	Instalaciones fotovoltaicas	**TECPLUG**	443

Termoretáctiles

Tipo accesorio	Espesor de aislamiento	Aplicación	Relación de contracción	Accesorio BT	Página
Tubo Termoretráctil	Pared fina	Para uso general	2:1	**TERMOSPEED PTPF**	446
		Libre de halógenos	2:1	**TERMOSPEED PTPF-AF***	448
	Pared media/gruesa	Embarrado anti-track	3:1	**TERMOSPEED PTPE**	450
		Empalmes de cables	Varias relaciones	**TERMOSPEED PTPG**	453
		Empalmes de cables	3:1	**TERMOSPEED PTPM**	455
Capuchón Termoretráctil		Sellado y protección de finales de cables	Superior a 2:1	**TERMOSPEED PCC**	457
Polifurcación Termoretráctil		Derivación de multiconductores	Varias relaciones	**TERMOSPEED PPD**	459
Derivación Termoretráctil		Derivación a varios conductores	-	**TERMOSPEED PLVKD**	461
Manta Termoretráctil		Reparación de Cubiertas	Varias relaciones	**TERMOSPEED PMT**	462

Vertido de resinas en frio

Tipo accesorio	Aplicación	Accesorio BT	Página
Empalme o derivación	Empalmes o derivación de cables no armados	**BICAST PBU**	464

Cintas

Tipo accesorio	Aplicación	Accesorio BT	Página
Cinta aislante de PVC	Aislante Varios usos	**CINTA DE PVC P1000**	465
Cinta aislante de EPR	Goma autosoldable Varios usos	**CINTA DE EPR PBA-1**	466

Lubricantes

Tipo accesorio	Aplicación	Accesorio BT	Página
Lubricante	Tendidos de energía y telecomunicaciones	**LUTEC**	468
Disolvente	Limpieza de cables y equipos eléctricos	**LIENER**	470
Disolvente	Cables de telecomunicaciones	**LICOM**	472

5.1. TECPLUG

Características

• Temperatura de servicio: -40 °C, +110 °C.
• Tensión nominal: 1 kV.
• Ensayo de tensión: 6 kV (tensión alterna, 1 min).

Ensayos de fuego

Cuerpo aislante

• Ensayo: IEC 60695-11-20.
• Ensayo de hilo incandescente a 650 °C: IEC 61695-2-10.

Cuerpo aislante con contactos metálicos

• Ensayo: IEC 60695-11-10.
• Ensayo de hilo incandescente a 650 °C: IEC 61695-2-10.

Grado de inflamabilidad

• V2: IEC 60695-11-10.

Resistencia a los agentes químicos

• Resistencia a la acción de los agentes químicos: Aceites, grasas, alcohol, amoniaco, ácidos, bases, agua marina.
• Resistencia a otros agentes bajo demanda.
• Resistencia a los rayos UVA y la acción atmosférica: ISO 4982-2, Método A.
• Resistencia a la corrosión: ISO 6988.

Características eléctricas

• Tensión: 1000 V.
• Ensayo de tensión: 6 kV (tensión alterna, 1 min.).
• Intensidades de corriente a 85 °C:
  • 1,5 mm^2 17,5 A
  • 2,5 mm^2 24 A
  • 4 mm^2 32 A
  • 6 mm^2 40 A
  • 10 mm^2 40 A

• Resistencia de contacto: EN 60352-9: < 1 m W.
• Protección contra contacto accidental: carga 10 N (IEC 60512).
• Distancia mínima de aislamiento: 14 mm (IEC 60664-1).
• Línea de fuga: 28 mm (IEC 60664-1).
• Resistencia a impulso de tensión: 8 kV (IEC 60664-1).

Caracerísticas térmicas

• Temperatura máxima admisible: 110 °C.
• Resistencia al frío: -40 °C, ensayo de resistencia al impacto a baja temperatura (DIN V VDE V 0126-3; IEC 60068-2-75).
• Ensayo de temperatura alterna: De -40 °C a +85 °C (IEC 60068-2-14, ensayo Nb).
• Ensayo de humedad en caliente: 85 °C, 85 % humedad relativa durante 1000 horas, según IEC 61215 10. 13.

Características mecánicas

•Conexión por crimpado, fuerza de desconexión: IEC 60352-2.
• Compensación de tensiones por tracción: IEC 60512 17c.
• Compensación de tensiones por torsión: IEC 60512 17d.
• Resistencia a la caída: IEC 60512 7b.
• Ciclo de conexión/desconexión 100 veces sin carga.
• Ensayo de doblado: DIN V VDE V 0126-3, similar a IEC 60309-1.
• Fuerza de desconexión: 80 N, IEC 60512 15f.
• Grado de protección: IP 20 (desconectado), IP 68 (conectado).

Descripción

• Especificación: Conector unipolar IP 68.
• Cuerpo: Poliamida (PA66).
• Sellado: NBR (goma de nitrilo butadieno).
• Contacto.
Macho: Contacto macho perforado de cobre estañado.
Hembra: Contacto hembra perforado de cobre estañado.
• Marcado: PS40I1 Intensidad admisible / sección nominal + [Female (hembra)] o [Male (macho)].
• Sección nominal: Desde 1,5 mm^2 hasta 10 mm^2

Aplicaciones

Indicados para la utilización en sistemas fotovoltaicos a tensiones hasta 1000 V en contínua y hasta 40 A según la aplicación de la clase A.

Adecuados para instalaciones interiores o de intemperie ya sean conexiones fijas o móviles. Igualmente aplicables para equipos con doble aislamiento (clase II). Compatibles con otras marcas.

Sección nominal mm²	Longitud del cable (cm)	1ª Terminación	2ª Terminación (Bajo demanda)	Imagen
TECPLUG Conector preensamblado, color negro				
1 x 1,5	100	Macho	Libre	
1 x 2,5				
1 x 4,04,0				
1 x 6,0				
1 x 10				
1 x 1,5	100	Hembra	Libre	
1 x 2,5				
1 x 4,0				
1 x 6,0				
1 x 10				
1 x 1,5	200	Macho	Hembra	
1 x 2,5	100			
1 x 4,0				
1 x 6,0				
1 x 10				
TECPLUG Completo para ensamblaje				
1,5		Macho		
2,5				
4,0				
6,0				
10				
1,5		Hembra		
2,5				
4,0				
6,0				
10				

Set de herramientas para TECPLUG	
Contenido	Caja
-Herramienta de crimpado	
-Llave de crimpado B	25 mm²
-Llave de crimpado C	4,0-10 mm
-Pelacables	
-Herramienta de eyección	
-Llave inglesa SW20	
-Llave inglesa SW13	

Conjunto de componentes	
Contenido	Caja
-Hembra	50 piezas
-Macho	50 piezas
-Tapones de contacto	100 piezas
-Tapón de contacto h	20 piezas
-Tapón de contacto m	20 piezas
-Contacto hembra (2,5-10 mm²)	50 piezas
-Contacto macho (2,5-10 mm²)	50 piezas

5.2. Tubo TERMOSPEED PTPF (pared fina)

Características

- Adecuado para distintas aplicaciones.
- Temperatura de servicio; -55 °C a 135 °C..
- Temperatura de contracción: 110 °C.
- Relación de contracción 2:1.

Descripción

Aislamiento

Material: Poliolefina reticulada de pared fina.
Colores: Marrón, negro, gris, azul y amarillo. (Posibilidad en otras coloraciones).

Aplicaciones

Tubo termorretráctil de uso general. En especial para aislamiento de cables, marcado, empaquetado y protección mecánica.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Espesor pared (nom.) mm
1,2	0,6	0,40
1,6	0,8	0,40
2,4	1,2	0,50
3,2	1,6	0,50
4,8	2,4	0,50
6,4	3,2	0,60
9,5	4,8	0,60
12,7	6,4	0,60
19,0	9,5	0,80
25,4	12,7	0,90

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo colores	Rendimiento tipo transparente
Físicos			
Resistencia a tracción	IEC 60684-2	15 MPa	19 MPa
Alargamiento	IEC 60684-2	450%	530%
Cambio longitudinal	ASTM-D 2671	±10% max	±10% max.
Módulo secante	ASTM-D 882	175 MPa máx.	175 MPa máx.
Peso específico	ASTM-D 792, A-I	1,25 g / cm^3	1,00 g / cm^3
Alargamiento tras envejecimiento térmico	UL 224 300%		490%
Resistencia a la tracción tras envejecimiento térmico (168h a 158°c)	UL 224	12MPa	18MPa
Alargamiento tras choque térmico (4h a 200°c)	IEC 811-1-2	400%	500%
Resistencia a la tracción tras choque térmico (4h a 200°c)	IEC 811-1-2	13 MPa	18 MPa
Flexibilidad de baja temperatura	ASTM-D 2671 MÉT. C	No se rompe a -55 °C	No se rompe a -55 °C
Combustibilidad	UL 224 (de color) FMVSS 302 (transp.)	No propagacion de la llama	Aprobado
Eléctricos			
Resistencia a la perforación	VDE 0303 parte 2	24 kV/mn	6 kV/mm
Resistividad por volumen	VDE 0303 parte 3	1e15 Ω x cm	1e15 Ω x cm
Químicos			
Acción corrosiva	ASTM-D 2671 Mét. A	No corrosivo	No corrosivo
Compatibilidad con cobre	ASTM-D 2671 Mét. B	No corrosivo	No corrosivo
Resistencia química		Buena	Buena
Absorción agua	VDE 0472	0,15%	0,30%

5.3. Tubo TERMOSPEED PTPF-AF (libre de halógenos)

Características

Cable flexible

No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2

Resistencia a los agentes químicos

Libre de halógenos UNE-EN 50267-2-1

Baja opacidad de humos UNE-EN 61034-2

- Cumple DEF STAN 59-97, tema 3, tipo 8.
- Temperatura de servicio: -40 °C a 105 °C.
- Temperatura de contracción: 115 °C.
- Relación de contracción 2:1.

Descripción

Aislamiento

Material: Poliolefina reticulada de pared fina.
Colores: Negro. (Posibilidad en otras coloraciones).

Aplicaciones

Tubo termorrectráctil recomendado para utilizarse con cables Afumex [cables de alta seguridad (AS)].

Para uso en áreas cerradas, tales como sistemas de transporte subterráneo, aplicaciones militares y aerospaciales.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Espesor pared (nom.) mm
1,6	0,8	0,45
2,4	1,2	0,51
3,2	1,6	0,51
4,8	2,4	0,51
6,4	3,2	0,64
9,5	4,8	0,64
12,7	6,4	0,64
16,0	8	0,64
19,0	9,5	0,76
25,4	12,7	0,89

Datos técnicos

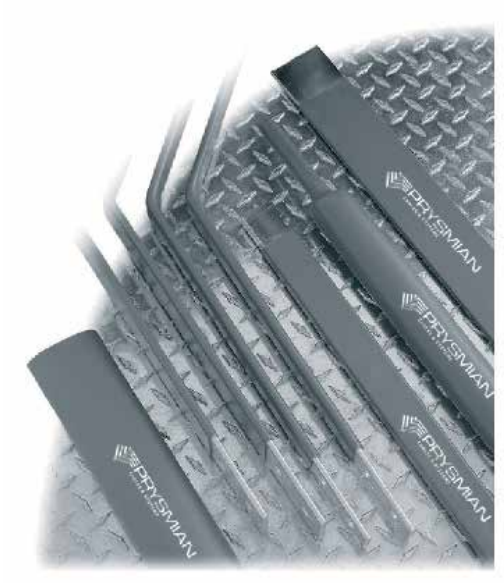
Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	IEC 60684-2	10 MPa
Alargamiento	IEC 60684-2	200%
Cambio longitudinal	ASTM-D 2671	±10% max
Módulo secante	ASTM-D 882	130 MPa máx.
Peso específico	ISO/R 1183	1,45 g / cm^3
Alargamiento tras envejecimiento térmico (168h a 158 °C)	ISO 37	150%
Alargamiento tras choque térmico (4h a 150°c)	ASTM-D 2671	100% mín.
Flexibilidad de baja temperatura	ASTM-D 2671 MÉT. C	No se rompe a -40 °C
Combustibilidad	ASTM-D 635	No propagacion de la llama
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	IEC 243	24 kV/mm
Resistividad por volumen	ASTM-D 2671	1e16 Ω x cm
Químicos		
Acción corrosiva	ASTM-D 2671 Mét. A	No corrosivo
Compatibilidad con cobre	ASTM-D 2671 Mét. B	No corrosivo
Resistencia química		Buena a excelente
Absorción agua	ASTM-D 570	0,20%

5.4. Tubo TERMOSPEED PTPE (para embarrado)

Características

No propagación de la llama UNE-EN 60332-1-2 | Libre de halógenos UNE-EN 50267-2-1 | Resistencia a la absorción del agua

- Reduce requisitos de distancias entre barras.
- Protege contra llamarada accidentales.
- Tubo anti-track.
- Probado con normas ANSI C37.20.2 para aplicaciones de conmutadores de media tensión (hasta 36 kV).
- Temperatura de servicio: -40 °C a 125 °C.
- Temperatura de contracción:120 °C.
- Relación de contracción 3:1.



Descripción

Aislamiento

Material: Tubo de poliolefina reticulada de pared media.
Colores: Rojo.

Aplicaciones

Tubo termorretráctil anti-track de pared media para embarrado, especialmente diseñado para el aislamiento de barras eléctricas de hasta media tensión (tensiones de servicio hasta 36 kV en embarrados eléctricos).

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído		Rangos aplicacionales			
			Barras rectangulares		Barras redondas	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Diámetro pared (nom.) mm	(mín.) mm	(máx.) mm	(mín.) mm	(máx.) mm
19,0	5,5	2,70	6,4	6,4	6,8	15,2
33,0	10,1	3,00	12,7	28,5	12,4	27,9
52,0	19,0	2,80	31,5	50,8	22,3	43,1
69,8	25,4	2,90	44,4	76,2	29,7	58,4
88,9	29,9	3,10	57,1	101,6	35,8	73,6
119,3	39,9	3,20	73	142,8	47,7	101,6

Las barras rectangulares tienen un grosor de 1/4 a 5/8 de pulgadas.

Los rangos de aplicaciones mencionados han sido seleccionados para obtener el grosor de aislamiento mínimo requerido para cumplir los requisitos de resistencia ANSI C37.20.2 en el espaciado de las barras que se indican a continuación. Estos espacios han sido determinados a partir de un número limitado de configuraciones prueba. Debido a la amplia variedad de configuraciones de barras, estos espacios no deben emplearse sin que sean medidos de forma real por el usuario.

Margenes con aislamiento

Tensión del sistema	BIL KV	PTPE Tubo de pared media	
		p a p (mm)	p a g (mm)
15 kV	95	86,0	106,0
25 kV	125	114,0	152,0
36 kV	150	165,0	203,0

p a p: Orientación de fase a fase.
p a g: Orientación de fase a tierra.
Espacio basado en las dimensiones de metal a metal antes del aislamiento.
Espacio basado en grosor de pared por rango de aplicaciones de la tabla anterior.

Características técnicas

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	ASTM-D 412, ISO 37	8,3 MPa
Alargamiento	ASTM-D 412, ISO 37	200%
Envejecimiento térmico (7 días a 175 °C)		
Resistencia de tracción	ASTM-D 2671	10MPa
Alargamiento	ASTM-D 2671	200%
Choque térmico (4h a 225 °C)	ASTM-D 2671	No agrieta, no pérdidas
Flexibilidad de baja temperatura (4h a -25 °C)	ASTM-D 2671	No agrieta
Combustibilidad	ANSI C37.20, ASTM-D 2671	Aprobado
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	ASTM-D 149	20 kV/mm
Resistividad de superficie	ASTM-D 257	510e9 Ω
Resistividad por volumen	ASTM-D 257	1,9e16 Ω x cm
Constante dieléctrica	ASTM-D 150	3,4
Resistencia de seguimiento (2500 V, 300 min.)	ANSI C37.20, ASTM-D 2303	Sin seguimiento
Alteración atmosférica	ASTM-G 53	Sin seguimiento tras 6000 horas
Químicos		
Acción corrosiva	ASTM-D 2671	No corrosivo
Resistencia a fluidos	MIL-DTL-23053/15	Buena a excelente
Absorción de agua	ASTM-D 570	0,25%

5.5. Tubo TERMOSPEED PTPG (pared gruesa)

Características

• Sella y protege terminaciones y empalmes de cables.
• La capa interior de adhesivo termoplástico opcional permite obtener un aislamiento y una protección medioambiental completa.
• Temperatura de servicio: -55 °C a 110 °C.
• Temperatura de contracción: 120 °C.
• Relación de contracción: 3:1.

Descripción

Aislamiento

Material: Poliolefina reticulada de pared gruesa con adhesivo interno.
Colores: Negro.

Aplicaciones

Empalme termorretráctil de pared gruesa que proporciona máxima fiabilidad para el aislamiento y protección de empalmes y terminaciones de cables.

Apto para requisitos mecánicos exigentes en instalaciones enterradas directas, sumergibles y U.R.D.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Espesor pared (nom.) mm
10,2	3,8	2,00
19,1	5,6	2,00
25,0	8,0	2,00
27,9	10,2	2,00
33,0	10,2	2,00
38,1	12,7	2,00
43,2	12,7	2,00
52,1	19,1	2,00
69,9	25,4	2,00
88,9	30,0	2,40
119,4	39,9	2,70
152,0	48,0	2,80
170,2	58,4	2,80
228,6	77,0	3,00

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	ASTM-D 412, ISO 37	14,5 MPa
Alargamiento	ASTM-D 412, ISO 37	550%
Cambio longitudinal	ASTM-D 2671	±1% A -10% max.
Peso específico	ASTM-D 792, A-1	1,10 g/cm³ max.
Alargamiento tras envejecimiento térmico (168h a 150 °C)	ASTM-D 2671, ISO 37	500%
Alargamiento tras choque térmico (4h a 150°c)	ASTM-D 2671	No agrieta, no pérdidas
Flexibilidad de baja temperatura	ASTM-D 2671 MÉT. C	No se rompe a -55 °C
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	ASTM-D 149 / IEC 243	24 kV/mm
Resistividad por volumen	ASTM-D 257	1e16 Ω x cm
Químicos		
Corrosión cobre	ASTM-D 2671	No corrosivo
Resistencia química		Buena a excelente
Absorción agua	ASTM-D 570	0,10%

Márgenes con aislamiento

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo	
		Adhesivo	Sellado
Adhesivo			
Absorción del agua		< 0,3%	< 0,1%
Punto de reblandecimiento	ASTM-E 28	95 °C a 105 °C	80 °C a 90 °C

5.6. Tubo TERMOSPEED PTPM (pared media)

Características

Resistencia a los agentes químicos

- Pared media.
- Excelente aislamiento y durabilidad mecánica.
- Tensión y temperatura nominales, en servicio permanente: 600 V ; 90 °C.
- La capa interior de adhesivo termoplástico opcional permite obtener un aislamiento y una protección completa.
- Temperatura de servicio: -55 °C a 110 °C.
- Temperatura de contracción: 120 °C.
- Relación de contracción 3:1.

Descripción

Aislamiento

Material: Tubo de poliolefina reticulada de pared media.
Colores: Negro.

Aplicaciones

Los tubos termorretráctiles de pared media son adecuados para diversas aplicaciones mecánicas y eléctricas, en las que sean importante un peso ligero y gran flexibilidad.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Espesor pared (nom.) mm
8,9	3	1,80
13,0	4,1	2,40
19,1	6,1	2,40
27,9	8,9	3,00
38,1	11,9	4,10
43,0	10	3,43
50,8	16	4,10
68,1	22,1	4,10
*89,9	30,0	4,10
*119,9	39,9	4,30

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	ASTM-D 412, ISO 37	14,5 MPa
Alargamiento	ASTM-D 412, ISO 37	600%
Cambio longitudinal	ASTM-D 2671	±1% to -10% max.
Peso específico	ASTM-D 792, A-1	1,10 g/cm³
Alargamiento tras envejecimiento térmico (168h a 150 °C)	ASTM-D 2671, ISO 37	500%
Alargamiento tras choque térmico (4h a 2250 °c)	ASTM-D 2671	No agrieta, no pérdidas
Flexibilidad de baja temperatura	ASTM-D 2671 MÉT. C	No se rompe a -55 °C
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	ASTM-D 149	24 kV/mm
Resistividad por volumen	ASTM-D 257	1e16 Ω x cm
Químicos		
Corrosión al aire	ASTM-D 2671	No corrosivo
Resistencia química		Buena a excelente
Absorción de agua	ASTM-D 570	0,10%

Márgenes con aislamiento

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo	
		Adhesivo	Sellado
Adhesivo			
Absorción de agua		< 0,3%	< 0,1%
Punto de reblandecimiento	ASTM-E 28	95 °C a 105 °C	80 °C a 90 °C

5.7. Capuchón termoretráctil TERMOSPEED PCC

Características

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Vida ilimitada de almacenamiento.
- La capa interior termoplástica ofrece sellado ambiental completo.
- Temperatura de servicio: -55 °C a 100 °C.
- Temperatura de contracción: 120 °C.
- Relación de contracción >2:1.

Descripción

Aislamiento

Material: Poliolefina reticulada.
Colores: Negro. (Posibilidad en otras coloraciones).

Aplicaciones

Capuchón final termorretráctil con capa interior de adhesivo.

Ofrece una protección y sellado sencillos frente a los efectos ambientales de los cables no utilizados.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído		
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Longitud (nom.) mm	Espesor pared (nom.) mm
15,0	4,5	44,0	1,0
25,0	9,0	69,0	2,7
36,0	15,0	93,0	2,8
55,0	25,0	107,0	3,3
80,0	40,0	127,0	3,6
102,0	60,0	52,0	3,6
124,0	60,0	152,0	3,6
148,0	57,0	152,0	4,5

(*) Diámetro interno sin capa adhesiva

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	ASTM-D 638 M	12,0 MPa mín.
Alargamiento	ASTM-D 638 M	300% mín.
Absorción del agua	ISO-62	10% máx.
Dureza puntual	ASTM-D 2240	45 Puntual o mín.
Resistencia a tracción tras envejecimiento térmico (168h a 120 °C)	ISO-188	10,0 MPa mín.
Alargamiento tras envejecimiento térmico (168h a 120 °C)	ISO-188	250% mín.
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	IEC-24312	kV/mm mín.
Resistividad por volumen	IEC-93	1e11 Ω x cm

5.8. Polifurcación TERMOSPEED PPD

Características

Resistencia a los agentes químicos

Resistencia a los rayos ultravioleta

- Capa interior de adhesivo termoplástico que ofrece un aislamiento y una protección completa, respetuosa con el medioambiente.
- También disponible como pieza de derivación multipolar para Media Tensión anti-track y conductivas.
- Temperatura de servicio: -55 °C a 100 °C.
- Temperatura de contracción: 135 °C.

Descripción

Aislamiento

Material: Piezas de poliolefina reticulada para cables multipolares.
Colores: Negro. (Posibilidad en otras coloraciones).

Aplicaciones

Polifurcacion termorretráctil moldeada que sella y protege las derivaciones de cables multipolares.

Piezas disponibles para cables de 2, 3 o 4 conductores.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido		Contraído		Longitud total contraída ± 10 % mm	Longitud total de las salidas ± 10 % mm
Diámetro de la entrada del cable principal (mín.) mm	Diámetro de la salida del cable derivado (mín.) mm	Diámetro de la entrada del cable principal (mín.) mm	Diámetro de la salida del cable derivado (mín.) mm		
Piezas moldeadas 2 salidas					
33,0	14,0	10,0	3,00	90,00	20,0
50,0	21,0	22,9	7,50	119,00	34,0
87,0	43,0	9,0	13,0	141,00	42,0
Piezas moldeadas 3 salidas					
38,0	11,0	14,0	4,0	110,0	20,0
60,0	24,0	22,0	8,0	185,0	45,0
80,0	36,0	33,0	16,0	210,0	50,0
110,0	48,0	47,0	20,0	260,0	75,0
125,0	55,0	47,0	20,0	260,0	75,0
Piezas moldeadas 4 salidas					
38,0	11,0	14,0	4,0	110,0	20,0
55,0	20,0	22,0	8,5	190,0	45,0
72,0	25,0	22,0	8,5	190,0	50,0
100,0	35,0	33,0	14,0	215,0	75,0
125,0	45,0	47,0	2,0	245,0	75,0

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	ASTM-D 638 M	12,0 MPa mín.
Alargamiento	ASTM-D 638 M	300% mín.
Dureza	Interna	40 Puntual o min.
Resistencia a tracción tras envejecimiento térmico (168h a 120 °C)	ASTM-D 2240 ISO-188	45 Puntual D mín. 9 MPa mín.
Alargamiento tras envejecimiento (168h a 150 °C)	ISO-188 ISO-188	10,0 MPa mín. 250% mín.
Absorción agua	ISO-62	1% máx.
Resistencia a la perforación	IEC-243	12 kV/mm
Constante dieléctrica	IEC-250/ASTM-D 150	5 máx
Resistencia a seguimiento	ASTM-D 2303	N/A
Resistividad por volumen	IEC-93	1e12 Ω x cm
Combustibilidad	IEC 09-13	sin retardo a la llama.

5.9. Derivación TERMOSPEED PLVKD

Características

Kit de derivacion termorretráctil que está compuesto por un tubo termorretráctil abierto, ajustable sobre el diámetro exterior del cable y masilla aislante.

Homologado por Endesa.

Descripción

Composición del Kit

1. Mango termoretráctil.
2. Guía de cierre.
3. Brida de plástico.
4. Masilla aislante.

Homologada por Endesa.

Características técnicas

Dimensiones y guia de utilización

Expandido	Contraído	Longitud mm	Cable principal sección máx. mm^2	Cable principal sección máx. mm^2
43	8	200	1X95	1X150
43	8	250	1X95	1X150
75	15	250	1X150	1X150
75	15	300	1X150	1X150
75	15	500	1X240	1X240

5.10. Manta TERMOSPEED PMT

Características

Resistencia a la absorción del agua

- Proporciona sellado contra el agua una vez contraído.
- Excelente resistencia mecánica.
- Procedimiento de aplicación rápido, simple y limpio.
- Los manguitos se pueden cortar para adecuarse a los requisitos de aplicaciones más cortas.
- Fácil de instalar in situ sobre cables en servicio sin cortar el cable ni cortar la alimentación.
- Temperatura de servicio: -15 °C a 45 °C.

Descripción

Aislamiento

Material: Poliolefina reticulada con adhesivo interno más canal de acero inoxidable que proporciona sistema de cierre permanente.
Colores: Negro. Cubierto con pintura termocromática que cambia de color al alcanzar la temperatura de contracción adecuada.

Aplicaciones

Funda (manta) envolvente termorretráctil para reparación de cubiertas.

Se utiliza para aplicaciones de sellado y recubiertas, protección de cables dañados o como funda externa de empalmes de cables de telecomunicaciones XLPE Cu de 10 a 2000 pares.

Características técnicas

Dimensiones

Expandido	Contraído	
Diámetro interno (mín.) mm	Diámetro interno (máx.) mm	Espesor pared (nom.) mm
43,0	8,0	2,30
68,0	15,0	2,30
75,0	15,0	2,30
93,0	25,0	2,30
137,0	34,0	2,30

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicos		
Resistencia a tracción	DIN 53455/ISO R527	17,0 MPa mín.
Alargamiento	DIN 53455/ISO R527	350% mín.
Resistencia a tracción tras envejecimiento térmico (168h a 150 °C)	DIN 53455/ISO R527	17,0 MPa mín.
Alargamiento tras envejecimiento térmico (168h a 150 °C)	ASTM-D 2671, ISO 37	500%
Contenido de negro carbón para resistencia UV	VDE 0472	2% mín.
Flexibilidad de baja temperatura	DIN 53455	No agrieta a -40 °C
Contacción longitudinal		10% máx.
Eléctricos		
Resistencia a la perforación	DIN 53481/IEC 243	12 kV/mm

5.11. Empalme/derivación BICAST PBU (Vertido de resina)

Características

- Norma de diseño: HD 623.
- Utilizable como empalme y derivación, horizontal o vertical.
- Molde de inyección transparente resistente al impacto.
- Práctico sistema de apertura tipo bisagra.
- Fácil sistema de cierre y sellado.
- Compacto: 225 mm [largo] x 90 mm [alto] x 60 mm [ancho].
- Ofrece alta estanquidad.
- Resina en dos componentes:
  - Fácil mezclado.
  - Mejor adhesión para XLPE y PVC.
  - Mayor fluidez.
  - Reducción del 40% en peso

Descripción

Aislamiento

1. Dos semicarcasas (unidas por bisagra).
2. Dos espumas (una adherida a una semicarcasa).

3. Resina de Poliuretano. (Envasada en bolsa).
4. Tapa superior.

Aplicaciones

Kit universal para empalmes y derivaciones de conductores no armados, de sección máxima de 1x240 mm^2.

Util para diámetros exteriores desde 10 mm (mínimo) hasta 26 mm (máximo). No requiere ninguna herramienta especial o aplicación de calor.

Utilizable 30 minutos después de la instalación.

Características técnicas

Dimensiones empalmes

Expandido	Diámetro exterior cable mm		Sección conductor mm^2
	Mínimo	Máximo	
PBUJ1	10	26	4 x 25
J3	23	39	4 x 70
J4	28	62	4 x 95
J5	38	62	4 x 185
J6	58	86	4 x 300

Dimensiones empalmes

Modelo Kit	Diámetro exterior cable mm				Sección conductor mm^2	
	Principal		Derivado		Principal	Derivado
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		
D1	9	24	9	24	4 x 6	4 x 4
D2	12	24	12	24	4 x 16	4 x 16
D4	20	36	18	28	4 x 50	4 x 25
D14	28	50	20	33	4 x 35	4 x 35
D16	26	60	18	45	4 x 185	4 x 95

5.12. Cinta P1000 (PVC)

Características

Excelentes características de adherencia y fácil manejabilidad.

Características	Unidad	
Longitud	m	20
Anchura	mm	19
Espesor	mm	0,15
Carga de rotura	kg / cm	2,165z
Elongación rotura	%	157
Adhesión metal	g / cm	364
Adhesión dorso	g / cm	433
Resistencia dieléctrica	kV / mm	58
Autoextinguible	-	Sí

Descripción

Cinta P1000.

Fabricada en PVC, está disponible en varios colores, y con dimensiones de 20 metros de longitud x 19 mm de ancho x 0,1-5 mm de espesor.

Tabla de colores disponibles

Colores cinta
NE • BL • AZ • GR • MA • RO • VE • AM • AV

Código de colores

NE - Negro
BL - Blanco
AZ - Azul
GR - Gris
MA - Marrón
RO - Rojo
VE - Verde
AM - Amarillo
AV - Amarillo - Verde

Presentación y embalaje

Packs de 10 rollos y cajas de 25 packs.

5.13. Cinta PBA-1

Características

- Resistente a las descargas parciales y ozono.
- Autovulcanizable.
- Excelente resistencia a la humedad.
- Elevada rigidez dieléctrica.
- Excelente en aplicaciones a baja temperatura (-40 °C).
- Adaptable a cualquier tipo de superficies.

Descripción

Cinta aislante autovulcanizable para la reconstrucción del aislamiento en empalmes y terminales.

Aplicaciones

Se emplea para la reconstrucción del aislamiento de los empalmes en cables con aislamiento seco y empalmes mixtos entre cables con aislamiento de papel impregnado.

y cables con aislamiento seco a campo radial hasta una tensión máxima de 66 kV.

También es utilizada para la confección de los deflectores de campo en los terminales a partir de 30 kV y terminaciones hasta 25 kVpara los cables con aislamiento seco.

Características técnicas

Datos técnicos

Propiedad	Método de prueba	Rendimiento tipo
Físicas		
Color	-	Negro
Condición	-	Autovulcanizable
Espesor	mm	0,76
Longitud	m	6
Ancho	mm	25
Adherencia	gr/cm	-
Alargamiento	%	1.700
Temperatura trabajo	°C	-48 a 80
Carga rotura	kg/cm^2	12,5
Fusión	mm	0,2
Exposición al calor a 110 °C	-	Cumple
Resistencia a la tracción	MPa	3,80
Remoción de liner	-	OK
Químicas		
Resistencia	-	-
Ozono	-	Excelente
Ácidos y alcalís	-	Buena
Aceite	-	Poca
Humedad	-	Excelente
Eléctricas		
Rigidez dieléctrica	kV/espesor	48
Rigidez dieléctrica	kV/mm	48
Constante aislamiento	Ω/km	> 72.000
Constante dieléctrica 50 Hz	ε	2,3
Factor de pérdidas 50 Hz	$tg\,\sigma$	0,00035
Presentación		
Caja de plástico	-	-
Separador color	-	Rojo

5.14. Lubricantes LUTEC (Para tendidos de energía y telecomunicaciones)

Características

Todos los productos lubricantes Prysmian comparten los mismos ingredientes y las mismas características principales. Tienen una consistencia pegajosa y viscosa, asegurando una perfecta adherencia al cable y a los tubos, así como una gran reducción de la fricción.

Se pueden aclarar los residuos en la obra sin ningún riesgo de contaminación. Sin embargo, no se quita fácilmente del cable, asegurando una lubricación óptima incluso en tuberías llenas de agua. Además se seca despacio, dejando una fina capa, menos de 6% del peso tras evaporación completa a temperatura ambiente. No inflamable, conserva sus propiedades lubricantes durante meses.

Higiene y seguridad

Estos lubricantes están compuestos con base de agua, no tóxico y biodegradable. Olor agradable. No irrita la piel. No es preciso llevar los EPI. No causa contaminación medioambiental, por que no es preciso recoger sus derramas, sólo basta con aclararlos con agua.

Estabilidad en altas y bajas temperaturas

Las altas y bajas temperaturas no afectan a las características del lubricante, ni siquiera después de ciclos de hielo y deshielo. No se separa en varias fases. Se diseñó el lubricante para utilizarlo desde -5 °C hasta +65 °C. Aunque hay algún modelo de lubricante que conlleva una fórmula específica para los tendidos realizados a temperaturas por debajo de los 0 °C.

Compatibilidad

No contienen parafina, silicona, detergente, sal que puedan dañar las cubiertas de cables y causar puntos calientes. Estos lubricantes se sometieron a varias pruebas de compatibilidad con los materiales de cubierta, de accesorios de cables eléctricos y de tubos: poliolefinas, polietileno alta densidad, polietileno lineal baja densidad, caucho natural, polietileno clorurado, etileno propileno, polietileno de enlace cruzado, PVC, neopreno, polipropileno, silicona, etc.

Higiene y seguridad

Nuestros productos son de uso cómodo según varios métodos:

- Aplicar con la mano o verter desde el cubo encima del cable.
- También se puede utilizar una bomba, bien sea manual o eléctrica, un embudo o un aplicador.
- Puede emplearse para pre-lubricar los tubos con los sacos de pre-lubricación o introduciendo lubricante delante de la esponja..

Aplicaciones

• Lubricantes para el tendido subterráneo de cables eléctricos y de telecomunicaciones.
• Prelubricación de los tubos para reducir los riesgos en los tendidos difíciles.
• Contiene un sistema de "consistencia pegajosa y viscosa" que facilita la perfecta adherencia al cable incluso en tuberías llenas de agua(el lubricante no se disuelve al entrar en contacto con el agua).
• Compatible con todo tipo de cables y accesorios. Conserva su poder de lubricación durante meses, facilitando la instalación posterior de cables en la misma tubería.
• Producto no inflamable.
• Biodegradable.
• No tóxico para los operadores ni el medioambiente.
• Gama completa de lubricantes para cubrir cualquier tipo de tendido.

Códigos de producto

Lubricante	Descripción	Viscosidad cSt
LUTEC P1	Gel lubricante para los tendidos difíciles de cables pesados	5400-7400
LUTEC P2	Lubricante para cualquier tipo de cable	4500-6400
LUTEC P3	Lubricante líquido para tender cables ligeros	1800-3500
LUTEC F01	Lubricante específicamente diseñado para los cables de telecom Bajo consumo gracias a su gran elasticidad	1800-3500

Código	Descripción	Envasado
28951760	Lubricante para energía LUTEC P1 C-20L	Cubo de 20 litros
28951761	Pre-lubricante para energía LUTEC P1 B-2K	Bolsa de 2 kg
28951762	Lubricante para energía LUTEC P3 C-20L	Cubo de 20 litros
28951763	Lubricante para energía LUTEC P2 C-20L	Cubo de 20 litros
28951764	Lubricante para telecomunicaciones LUTEC F0 B-1L	Botella de 1 litro

NOTA: para cualquier duda o consulta, contactar con nuestra red comercial.

5.15. Disolventes LIENER (Para limpieza de cables y equipos eléctricos)

Características

• Limpia sin dejar ningún residuo para evitar pérdidas a la tierra y puntos calientes.
• Homologado para alta tensión hasta 440 kV.
• La perfecta adhesión de las resinas en los empalmes previene la penetración de la humedad.
• La reducción de los defectos de instalación asegura una duración máxima de los cables.
• Diseñado según las recomendaciones de la IEEE.
• No inflamable. Se eliminan los riesgos vinculados con los disolventes líquidos inflamables.
• Reduce las emisiones de COV a la atmósfera.
• Reduce los riesgos para la salud y la seguridad.
• Elimina el riesgo de derrame de líquido y riesgos relacionados.
• Elimina la logística, transporte y almacenaj de las mercancías peligrosas.

Higiene y seguridad

Se han diseñado para su fácil manejo y altas prestaciones en limpieza, además de sustituir a los disolventes tradicionales tales como el tricloroetano, alcohol isopropílico y demás disolventes inflamables. Siendo clasificado combustible, se eliminan los riesgos de fuego explosivo y no está sometido a la logística de los productos inflamables. El envasado de toallitas pre-impregnadas de disoventes elimina el riesgo de contaminación por derrame y demás riesgos relacionados con el manipulado de líquidos. Respeta el medioambiente, no daña la capa de ozono, no contiene contaminantes peligrosos para la atmósfera o los operadores. No contiene ningún componente de disolvente halogenado ni ingrediente cancerígeno, teratógeno o mutágeno. No está clasificado como mercancía peligrosa. Como medida de precaución, se recomienda llevar los EPI. Se recomiendan las gafas de seguridad en caso de riesgo de proyección a los ojos. Una exposición prolongada puede secar la piel, por tanto llevar guantes.

Evaporación y emisiones COV

Disolvente 100% volátil que no deja ningún residuo (menos de 100 ppm). Aplicado en fina capa se evapora en menos de 5 minutos. Esta evaporación controlada (punto de inflamación 62° C) permite reducir el consumo de disolvente así como sus emisiones a la atmósfera, hasta 80% de reducción.

Compatibilidad

Disolvente sometido a numerosas pruebas de compatibilidad con la mayoría de los materiales encontrados en las redes eléctricas, especialmente las cubiertas de cables, aislantes, metales, composites, resinas, barnizados, esmaltes y cerámicas.

Instrucciones

La baja tensión superficial de nuestro disolvente asegura un excelente mojado incluso sobre los plásticos más difíciles.

1. Aplicar una fina capa de líquido con la botella o bien mediante una toallita preimpregnada.
2. Dejar un momento en remojo, hasta 2 minutos en manchas difíciles.
3. Limpiar con la misma toallita pre-impregnada, o bien con un trapo limpio y seco que no suelta fibras.

No es preciso esperar la evaporación completa del disolvente antes de reanudar el trabajo en el sistema eléctrico.

Aplicaciones

- Limpieza de cables previa a la confección de los accesorios.
- Mantenimiento de cables y accesorios, transformadores y aparatos de conexión.
- Desengrasado y limpieza general de los equipos eléctricos.
- Elimina aceites, residuos de tierra, betún y alquitrán.
- Disolvente y toallitas de alta resistencia, no suelta fibras.
- Disolvente 100% volátil, ningún residuo.
- Toxicidad y olor reducidos.
- No inflamable.
- Disolvente dieléctrico hasta 39 kV.

Códigos de producto

Código	Descripción	Envasado
28951752	Disolvente limpiador LIENER B-1L	Botella de 1 litro
28951753	Disolvente limpiador LIENER S-1L	Spray de 1 litro
28951754	Disolvente limpiador LIENER C-250T	Cubo de 250 toallitas
28951755	Disolvente limpiador LIENER P-24T	Paquete de 24 toallitas

NOTA: para cualquier duda o consulta, contactar con nuestra red comercial.

5.16. Disolventes LICOM (Para cables de telecomunicaciones)

Características

• Limpiador de altas especificaciones para los cables, herramientas y equipos de FO.
• Limpia y elimina el gel hidrófugo de relleno sin dejar ningún residuo pegajoso.
• Reduce los fallos de empalme y previene la penetración de humedad.
• No borra las tintas de marcaje, puede usarse en cables multitubos.
• Eficaz tanto en cables de cobre como en fibra óptica.
• No inflamable. Se eliminan los riesgos vinculados con los disolventes líquidos inflamables.
• Reduce las emisiones a la atmósfera.
• Reduce los riesgos para la salud y la seguridad.
• Elimina la logística, transporte y almacenaje de las mercancías peligrosas.
• Presentación en botellas y en toallitas pre-impregnadas.

Higiene y seguridad

Se Se han diseñado para su fácil manejo y altas prestaciones en limpieza, además de sustituir a los disolventes tradicionales tales como el tricloroetano, alcohol isopropílico y demás disolventes inflamables. Siendo clasificado combustible, se eliminan los riesgos de fuego explosivo y no está sometido a la logística de los productos inflamables. El envasado de toallitas pre-impregnadas de disolventes elimina el riesgo de contaminación por derrame y demás riesgos relacionados con el manipulado de líquidos.

Respeta el medioambiente, no daña la capa de ozono, no contiene contaminante atmosférico peligroso. No contiene ningún componente de disolvente halogenado ni ingrediente cancerígeno, teratógeno o mutágeno. No está clasificado como mercancía peligrosa. Como medida de precaución, se recomienda llevar los EPI. Se recomiendan las gafas de seguridad en caso de riesgo de proyección a los ojos. Una exposición prolongada puede secar la piel, por tanto llevar guantes.

Evaporación y emisiones COV

Disolvente 100% volátil que no deja ningún residuo (menos de 100 ppm). Aplicado en fina capa se evapora en menos de 5 minutos. Esta evaporación controlada (punto de inflamación 62° C) permite reducir el consumo de disolvente así como sus emisiones a la atmósfera, hasta 80% de reducción.

Compatibilidad

Este disolvente no daña los cables, accesorios ni herramientas. Fue sometido a numerosas y diversas pruebas de compatibilidad por laboratorios autónomos respeto la su compatibilidad con metales, plásticos, aislantes, componentes de cable y de cubierta.

Instrucciones

Nuestro disolvente se ofrece en gel liquído y en toallitas pre-impregnadas.

1. Quitar la mayor parte del gel del haz de cables con una toallita pre-impregnada, o bien sumergir el haz adentro de una botella de nuestro gel.
2. Dejar actuar hasta 1-2 minutos.
3. Coger otra toallita de gel para acabar de limpiar individualmente cada cable del haz antes de prepararlos (pelado, etc...).
4. Presentar las extremidades de cables a empalmar y limpiarlas con una toallita de gel empezando desde la cubierta hacia la extremidad.

Aplicaciones

• Limpieza de cables de telecomunicaciones previo a su manipulación (empalmes,...)
• Limpia y elimina el gel hidrófugo de relleno sin borrar las tintas de marcaje.
• Compatible con todos los cables, cubiertas y accesorios de empalme.
• Recomendado para la limpieza de cordón compacto de fibras.
• Elimina aceites, residuos de tierra, alquitrán, gel de relleno.
• Tejido de las toallitas de alta resistencia. No suelta fibras.
• Libre de halógenos y alcohol.
• Toxicidad y olor reducidos.
• No inflamable.

Códigos de producto

Código	Descripción	Envasado
28951756	Disolvente limpiador LICOM B-1L	Botella de 1 litro
28951757	Disolvente limpiador LICOM S-1L	Spray de 1 litro
28951758	Disolvente limpiador LICOM C-250T	Cubo de 250 toallitas
28951759	Disolvente limpiador LICOM P-24T	Paquete de 24 toallitas

NOTA: para cualquier duda o consulta, contactar con nuestra red comercial.

EL LIBRO BLANCO DE LA INSTALACIÓN

Manual técnico y práctico de cables y accesorios
Baja Tensión

Prysmian

Prysmian Group

Linking the Future

Prysmian

PRYSMIAN CABLES SPAIN, S.A.U.
Ctra. C-15, km 2
08800 Vilanova i la Geltrú (Barcelona)
+34 93 220 14 92
atencion.clientes@prysmiangroup.com
www.prysmiangroup.es
www.prysmianclub.es

Siguenos en: