



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA



Instalaciones Eléctricas

Canalizaciones Eléctricas

Contenido

1. DEFINICIONES.....	3
1.1. Conductores.....	3
1.2. Canalizaciones (métodos de instalación).....	5
2. DIMENSIONADO DE CANALIZACIONES	8
2.1. Tensión nominal.....	8
2.2. Corriente de proyecto.....	8
2.2.1. Cable de alimentación a motores.....	9
2.2.2. Lámparas de descarga	9
2.3. Tipo de conductor y forma de instalación	10
2.3.1. Conductores	10
2.3.2. Métodos de instalación de los conductores	16
2.3.3. Influencias externas	30
2.3.4. Precauciones a tomar en cuanto a las conexiones de conductores	33
2.4. Determinación de la sección de un conductor por capacidad de conducción de corriente.....	34
2.5. Verificación de la corriente de cortocircuito	44
2.6. Verificación de la sección por el criterio de “caída de tensión”	49
2.6.1. Método aproximado	50
2.6.2. Caída de tensión en circuitos monofásicos.....	51
2.6.3. Caída de tensión acumulada	51
2.7. Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas	52
3. BIBLIOGRAFÍA	53

1. DEFINICIONES

A continuación, se define los principales términos utilizados en estos apuntes. Los temas serán tratados en detalle más adelante.

- **Canalización eléctrica:** Conjunto constituido por uno o más conductores eléctricos y los elementos que aseguran su fijación y su protección mecánica.

1.1. Conductores

Elementos constitutivos de un cable de BT:

- **Conductor(es):** Son los encargados de transportar la energía desde la fuente de potencia al consumo. Los metales utilizados son el cobre y el aluminio de uso eléctrico, debido a su alta conductividad eléctrica. La forma de los conductores puede responder a cuerdas de cableado circular concéntrico, circular comprimido, circular compacto o sectorial compacto.
- **Aislamiento:** Tiene por finalidad, eliminar o disminuir llevando a valores seguros la diferencia de potencial de los conductores con respecto al valor de referencia, normalmente tierra. Los aislamientos normalmente utilizadas son:
 - PVC (Policloruro de vinilo, temperatura de operación de 70-80°C)
 - XLPE (Polietileno reticulado, temperatura de operación de 90°C)
 - PE (Polietileno termoplástico, temperatura de operación de 60°C)
 - EPR (goma etilen-propilénica, temperatura de operación de 90°C)
- **Rellenos y revestimientos:** Son compuestos de materiales no higroscópicos sin características eléctricas utilizados para conferirle a cables multipolares una forma sustancialmente circular que se aplica directamente sobre el reunido de las fases.
- **Armadura metálica:** Está constituida por dos capas de cintas de acero galvanizado o aluminio en cables multi y unipolares respectivamente. La principal función es la protección mecánica.
- **Vaina exterior (cubierta):** Constituida normalmente por un compuesto de PVC de adecuada resistencia mecánica y a los agentes atmosféricos y químicos con el objeto de establecer una protección mecánica mínima en los cables no armados y complementaria en los armados.

Corresponde observar que no todos los cables de BT cuentan con todos los elementos constitutivos definidos anteriormente. Que cuenten o no con dichos elementos dependerá del tipo de cable del que se trate y de su utilización.

Definiciones referidas a distintos tipos de cables:

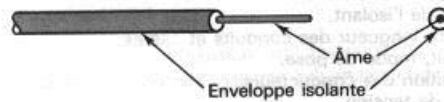
- **Conductor aislado:** Conjunto que incluye el conductor, su envolvente aislante y sus eventuales pantallas.
- **Cable (aislado):** Conjunto constituido por uno o más conductores aislados, su eventual revestimiento individual, la protección eventual del conjunto y el o los revestimientos de protección eventuales.
- **Cable unipolar:** Cable de un solo conductor aislado.
- **Cable multipolar:** Cable de más de un conductor aislado.

Se presenta a continuación ejemplos gráficos de distintos tipos de cables:

1. DÉFINITIONS.

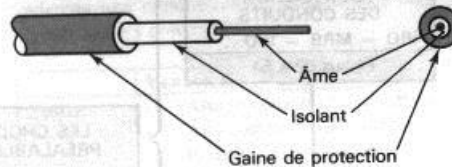
1.1. Conductor isolé.

Un conducteur isolé est un ensemble formé d'une âme conductrice et son enveloppe isolante.



1.2. Câble unipolaire.

Un câble unipolaire est un conducteur isolé comportant en plus une ou plusieurs gaines de protection.



1.3. Câble.

Un câble est un ensemble de conducteurs électriquement distincts mais comportant une protection commune.

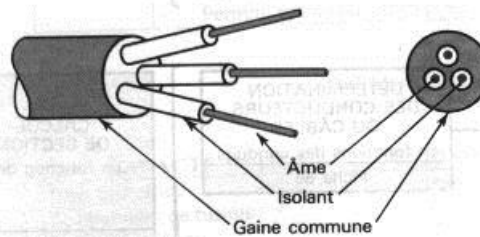


Figura 1: Tipos de cable.

1.2. Canalizaciones (métodos de instalación)

- **Canalización fijada a pared:** Canalización dispuesta en la superficie de una pared o en su proximidad inmediata; la pared constituye en este caso un medio de fijación y eventualmente, un elemento de protección.
- **Canal (electrocanal):** Envoltura cerrada, provista de una tapa amovible, y destinada a la protección completa de conductores aislados o cables, así como a la instalación de otro equipamiento eléctrico. Un canal puede o no tener separadores.
- **Canal de cables:** Recinto situado encima o dentro del piso, o por encima o dentro del techo, abierto, ventilado o cerrado, que presenta dimensiones tales que no permiten la circulación de las personas en él, pero en el cual las canalizaciones son accesibles en todo su recorrido, durante y después de su instalación. Nota: Un canal puede o no ser parte de la construcción del edificio.
- **Bandeja de cables:** Soporte constituido por una base continua, con paredes laterales y sin tapa. Una bandeja puede o no ser perforada.
- **Conducto de sección circular (conducto o caño):** Envoltura cerrada, de sección circular, destinada a la instalación o el reemplazo de conductores aislados o cables mediante enhebrado.
- **Conducto de sección no circular:** Envoltura cerrada, de sección no circular, destinada a la instalación o reemplazo de conductores aislados o cables en instalaciones eléctricas, mediante enhebrado.

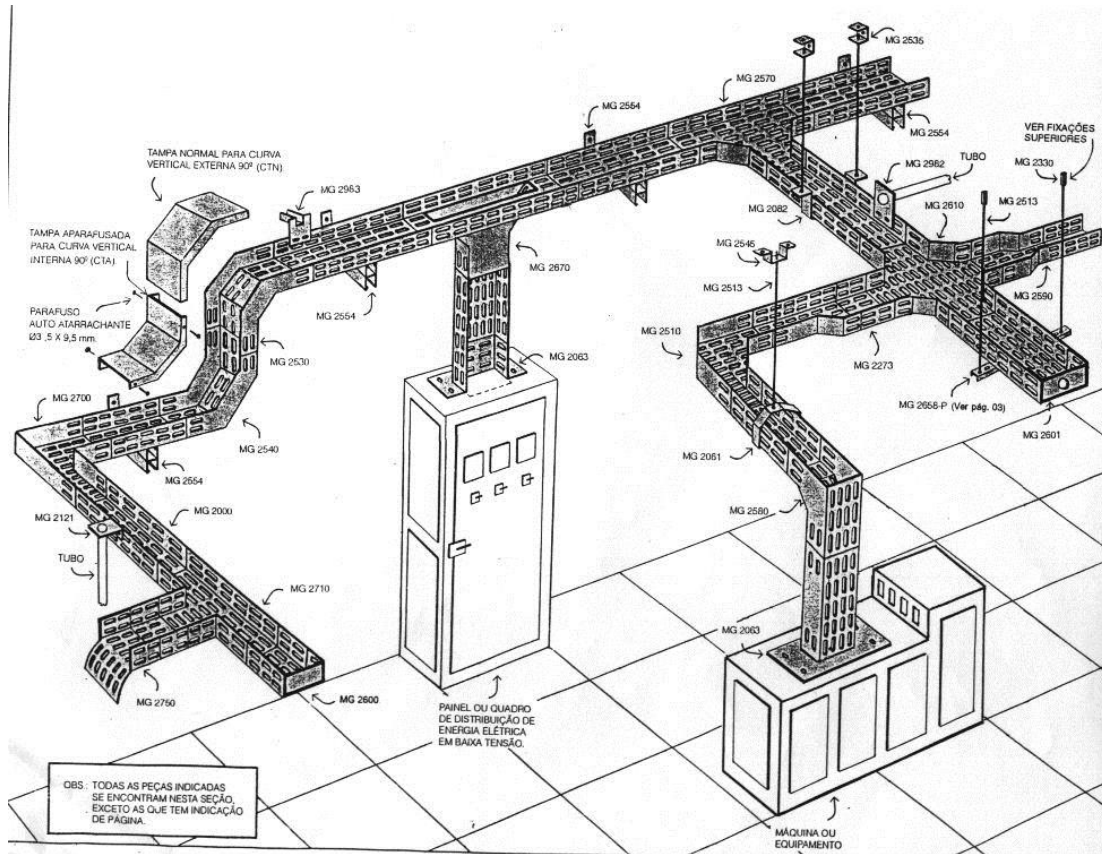


Figura 2: Ejemplo de instalación con canalizaciones tipo bandeja calada.

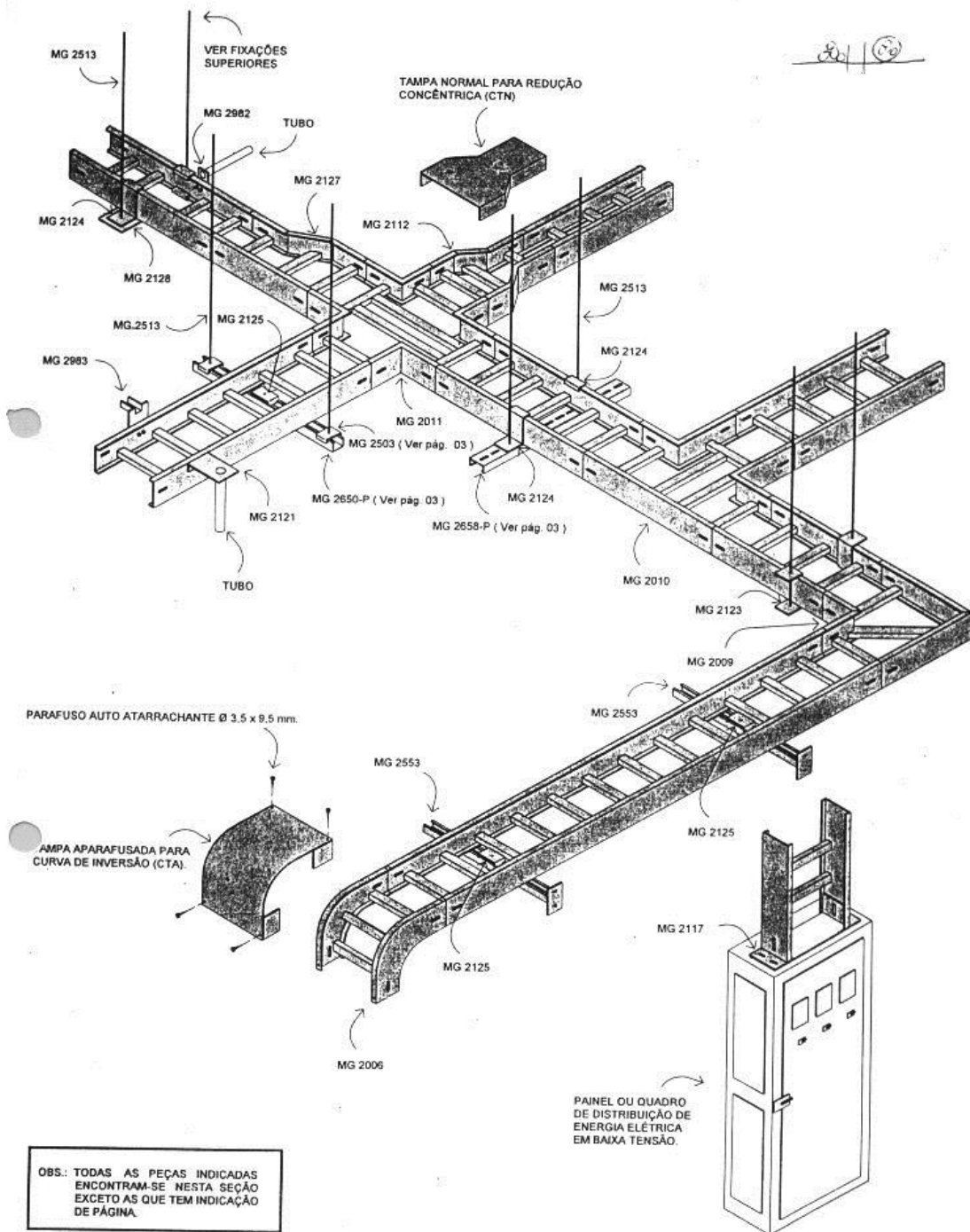


Figura 3: Ejemplo de instalación con canalizaciones tipo bandeja escalerilla.

2. DIMENSIONADO DE CANALIZACIONES

Dimensionar un circuito implica básicamente determinar la sección de todos los conductores del mismo y a corriente nominal, los dispositivos de protección correspondientes.

Para la selección de las canalizaciones eléctricas se debe considerar las siguientes etapas:

1. Definir la tensión nominal de cable.
2. Determinar la corriente de proyecto.
3. Elegir el tipo de conductor y la forma de instalación.
4. Determinar la sección por el criterio de “**capacidad de conducción de corriente**” o “**corriente admisible**”.
5. Verificar la sección por el criterio de “**corriente de cortocircuito**”.
6. Verificar la sección por el criterio de “**caída de tensión**”.
7. Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas.

2.1. Tensión nominal

La tensión nominal de un cable es la tensión de referencia para la que se ha previsto el cable y que sirve para definir los ensayos eléctricos.

La tensión nominal de un cable se indica mediante la combinación de dos valores U_0/U , expresados en V, siendo:

- **U_0** : tensión nominal a frecuencia industrial entre el conductor y el conductor de protección a tierra o pantalla metálica para la cual está diseñado el cable.
- **U** : tensión nominal a frecuencia industrial entre los conductores para la cual está diseñado el cable.

La tensión nominal de un cable debe ser apropiada para las condiciones de operación de la red en la que el mismo va a estar instalado.

2.2. Corriente de proyecto

Tomando como base los datos de potencia consumida por las cargas a alimentar (fuerza motriz, iluminación, calefacción, servicios, etc.), el área de influencia del conductor a dimensionar (el conductor alimenta un único receptor, alimenta un

tablero o agrupamiento de cargas, etc.), los criterios de sobredimensionado que corresponda según el tipo de carga a alimentar (arranques simultáneos de motores, encendido de lámparas de descarga, etc.), se procede a calcular cual será la corriente proyectada que dicho cable deberá transportar.

Con relación a los criterios de sobredimensionado, se destacan dos casos particulares: motores y lámparas de descarga.

2.2.1. Cable de alimentación a motores

Durante el arranque de un motor directamente desde la red se producen corrientes elevadas, con las consecuentes caídas de tensión asociadas. A los efectos de tener en consideración este fenómeno, para determinar la sección de los conductores de alimentación a motores es práctica usual, y el Reglamento de BT de UTE así lo establece, considerar lo siguiente:

- **Motores solos:** los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una corriente no inferior al 125% de la corriente a plena carga del motor en cuestión. Es decir:

$$I_L = 1,25 * I_{M(\text{plenacarga})}$$

- **Varios motores:** los conductores de conexión que alimentan a varios motores (por ejemplo, el conductor a un tablero de motores) deberán estar dimensionados tomando como base la potencia total de los mismos, considerando un incremento del 25% de la potencia del mayor motor. Es decir:

$$P_T = 0,25 * P_{\text{Motormayor}} + \sum_i P_{M_i}$$

$$Q_T = 0,25 * Q_{\text{Motormayor}} + \sum_i Q_{M_i}$$

$$\Rightarrow I_L = \frac{\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}}{U_n \sqrt{3}}$$

2.2.2. Lámparas de descarga

Debido a los transitorios que se producen durante el encendido de este tipo de lámpara, cuya duración en el tiempo puede ser considerable, para determinar la sección de los conductores de alimentación a dichas lámparas es práctica usual, y el Reglamento de BT de UTE así lo establece, considerar lo siguiente:

- Los circuitos de alimentación de lámparas, o tubos de descarga, estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus equipos asociados y a sus corrientes armónicas. Para este tipo de alumbrado,

se tomará la potencia nominal del alumbrado proyectado multiplicado por el coeficiente 1.3. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Es decir:

$$P_L = 1,30 * P_{Lámpara}$$

2.3. Tipo de conductor y forma de instalación

2.3.1. Conductores

Existen diferentes tipos de conductores y por razones de seguridad para las personas y los bienes, según cada tipo existen formas en las cuales los mismos deben ser instalados.

Los conductores pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados pueden ser unipolares o multipolares, en este caso con cubierta exterior.

Material constitutivo

El más usado es el cobre.

Comparativamente, para igual sección el aluminio tiene 61% más de resistencia eléctrica que el cobre; posee además una conductividad térmica más baja lo que disminuye la eficiencia en la disipación de calor por conducción y convección.

Material	Ventajas	Desventajas
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> - Alta conductividad eléctrica - Alta conductividad térmica - Permite optimización en volumen - Fácil de soldar - Fácil de trabajar - Buena resistencia a la corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja resistencia a la tracción - Baja resistencia a la oxidación
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo peso específico - Bajo costo - Permite optimización en peso 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja resistencia a la tracción

Tabla 1: Ventajas/desventajas de materiales de conductor.

Característica	Unidad	Cobre	Aluminio
Peso específico	g/m ³	8.89	2.70
Temperatura de fusión	°C	1083	658
Calor específico	Cal/g°C	0.093	0.022
Coef. de expansión lineal	1/°C	1.7e-5	2.3e-5
Resistencia a la tracción	Mpa	262	82.7
Alarg. a la rotura	%	15-35	10-30
Conductividad a 20°C	IACS	100	61.5
Resistividad a 20°C	Mm ² /m	0.0172	0.028
Coef. de variación de la resistividad con la temperatura	1/°C	0.00397	0.00406
PARA LA MISMA CAÍDA DE TENSIÓN			
Relación diámetro		1	1.27
Relación sección		1	1.63
Relación peso		1	0.50
PARA LA MISMA INTENSIDAD			
Relación diámetro		1	1.19
Relación sección		1	1.42
Relación peso		1	0.40

Tabla 2: Comparación entre cobre y aluminio.

Clasificación y características

La cantidad y el diámetro de los alambres que constituyen los conductores de los cables eléctricos aislados y cordones flexibles, así como su sección normalizada y sus valores de resistencia están establecidos en la norma UNIT-IEC 228.

La norma establece la siguiente clasificación de los conductores:

Uso especificado	Clase	Tipo	Material	Tabla
Para cables aislados en instalaciones fijas	1	Conductor de un solo alambre	-Cu recocido, desnudo o recubierto de una capa metálica -Al o aleación de Al desnudos	I
	2	Conductor de varios alambres cableados	-Cu recocido, desnudo o recubierto de una capa metálica -Al o aleación de Al desnudos	II
Cables flexibles y	5	Conductor de	-Cu recocido, desnudo o	III

cordones		varios alambres cableados	recubierto de una capa metálica	
	6	Conductor de varios alambres cableados	-Cu recocido, desnudo o recubierto de una capa metálica	IV

Tabla 3: Clasificación de conductores según IEC 60228.

Para cada clase, la norma establece para las distintas secciones nominales: el valor de la resistencia máxima del conductor a 20°C, la cantidad mínima de alambres por conductor para aquellos conductores de varios alambres cableados y el diámetro máximo de los alambres del conductor para las clases 5 y 6.

Cables

- **Marcado:**

Las normas establecen que todo conductor aislado deberá estar provisto con una indicación del fabricante del mismo, además de eventualmente la sección. Dicho marcaje deberá estar implementado de manera duradera, ser legible y repetirse a lo largo del cable cada una determinada distancia (500mm en la cubierta en caso de un cable con cubierta, 200mm en el aislamiento en caso de cables sin cubierta).

- **Identificación de los conductores (para cables multipolares):**

Para cables hasta 5 conductores, por colores y para cables de más de 5 conductores, por números. Los conductores deben tener un código de colores que los identifique, según el siguiente cuadro:

Conductor	Tipo
Fase R	Rojo ¹
Fase S	Blanco ¹
Fase T	Marron ¹
Neutro	Azul claro
Protección	Bicolor verde/amarillo

Tabla 4: Identificación de conductores.

- **Cables de uso más corriente en BT:**

¹ Estos colores deben ser utilizados hasta el tablero general de la instalación. En el resto de la instalación se pueden emplear otros colores, indicados en la norma UNIT 965 (“Identificación de conductores mediante colores o números”, 1998), exceptuándose además de los colores definidos para protección y neutro (cuando exista) el verde, amarillo o azul (cuando exista neutro).

TIPO DE CABLE		Designación	Tensión	Material	Número de cond.	Clase de conductores (IEC228) y rango de secciones normalizadas	
Cables c/aislamiento de PVC para tensión nominal hasta 450/750V UNIT-IEC227-1	Cables s/cubierta para instalaciones fijas UNIT-IEC227-3	Cable unipolar, de conductor rígido, p/propósitos generales	227 IEC 01	450/750V	Cu	1	1 para conductores macizos 2 para conductores cableados Rango de 0.75 a 400mm ²
		Cable unipolar, de conductor flexible, p/propósitos generales	227 IEC 02	450/750V	Cu	1	5 Rango de 1.5 a 240mm ²
		Cable unipolar, de conductor macizo p/cableado interno, T=70°C	227 IEC 05	300/500V	Cu	1	1 Secciones de 0.5, 0.75 y 1mm ²
		Cable unipolar, de conductor flexible p/cableado interno, T=70°C	227 IEC 06	300/500V	Cu	1	5 Secciones de 0.5, 0.75 y 1mm ²
		Cable unipolar, de conductor macizo p/cableado interno, T=90°C	227 IEC 07	300/500V	Cu	1	1 Rango de 0.5 a 2.5mm ²

		Cable unipolar, de conductor flexible p/cableado interno, T=90°C	227 IEC 08	300/500V	Cu	1	5 Rango de 0.5 a 2.5mm ²
	Cables c/cubierta para instalaciones fijas UNIT-IEC227-4	Cable con cubierta ligera de PVC	227 IEC 10	300/500V	Cu	2, 3, 4 o 5	1 para conductores macizos 2 para conductores cableados Rango de 2x1.5mm ² a 5x35mm ²
	Cables flexibles (cordones) UNIT-IEC227-5	Cable plano tipo tinsel	227 IEC 41	300/300V	Cu	2	
		Cable plano sin cubierta	227 IEC 42	300/300V	Cu	2	6 Secciones de 0.5 y 0.75mm ²
		Cordones p/guirnaldas luminosas	227 IEC 43	300/500V	Cu	1	6 Secciones de 0.5 y 0.75mm ²
		Cable c/cubierta ligera de PVC	227 IEC 52	300/300V	Cu	2 y 3	5 Rango de 2x0.5mm ² a 3x0.75mm ²
		Cable c/cubierta común de PVC	227 IEC 53	300/500V	Cu	2, 3, 4 o 5	5 Rango de 1x0.75mm ² a 5x2.5mm ²

<p>Cables de potencia con aislamiento extruido sólida de 1kV a 3kV</p> <p>IEC502-1 (aislamientos en PVC, XLPE, EPR y HEPR)</p>	<p>P/instalaciones fijas: redes de distribución o instalaciones industriales.</p>		<p>0.6/1kV (para Um=1.2kV)</p>	<p>Cu o Al</p>		<p>1 o 2. Rango de 1.5 a 1000mm²</p>
<p>Prensablado</p>	<p>P/uso intemperie, línea aérea</p>	<p>RZ 0.6/1kV 4X6Cu, por ejemplo</p>	<p>0.6/1kV</p>	<p>Cu o Al</p>	<p>2 a 4</p>	<p>2x6 Cu 4x6 Cu 2x10 Cu 4x16 Cu 3x25 Al +1x54.6 Alm 3x50 Al +1x54.6 Alm 3x95 Al +1x54.6 Alm 3x150 Al +1x70 Alm</p>

2.3.2. Métodos de instalación de los conductores

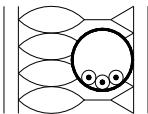
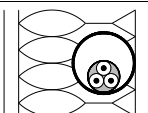
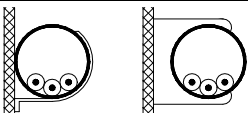
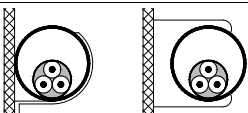
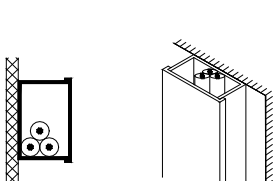
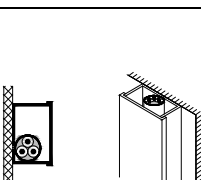
La norma IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” establece que los métodos de instalación de una canalización con relación al tipo de conductor o cable utilizado, deberán estar de acuerdo con la tabla 52-1 incluida en la misma y adjunta a continuación.

La norma establece además que los métodos de instalación de una canalización con relación a su situación u ubicación deberán estar de acuerdo con la tabla 52-2. La norma muestra ejemplos de instalación en la tabla 52-3. Se presenta a continuación un resumen de lo establecido en las tres tablas mencionadas:

Conductores y cables		Método de instalación							
		S/fijación	Directamente engrapado	En conducto	En canales (incluidos de zócalo o de suelo)	En conducto de sección no circular	En bandeja	Sobre aisladores	C/hilo portante
Conductores desnudos		NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Conductores aislados		NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO
Cables c/cubierta externa (incluyendo cables armados y de aislamiento mineral)	Multipolares	SI	SI	SI	SI	SI	SI	N/C	SI
	Unipolares	N/C	SI	SI	SI	SI	SI	N/C	SI

Tabla 5: Selección de canalizaciones en función del tipo de conductor.

Ejemplos de métodos de instalación con instrucciones para obtener la corriente admisible

Ítem Nº	Métodos de instalación	Descripción	Método de referencia para obtener I_{adm} correspondiente
1	 Habitación	Conductores aislados o cables unipolares en conducto en una pared térmicamente aislante ²	A1
2	 Habitación	Cables multipolares en conducto en una pared térmicamente aislante ²	A2
4		Conductores aislados y cables unipolares en conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1
5		Cable multipolar en conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2
6		Conductores aislados o cables unipolares en canal o en conducto de sección no circular sobre una pared ^{3 4} :	B1
7		- con recorrido horizontal (6) - con recorrido vertical (7)	
8		Cable multipolar en canal o en conducto de sección no circular sobre una pared ⁴ :	B2
9		- con recorrido horizontal (8) - con recorrido vertical (9)	

² La parte interna de la pared tiene una conductividad térmica mayor o igual que $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

³ Se asume que la envolvente tiene una resistividad térmica pobre debido al material de construcción y a posibles espacios de aire. En los casos en que la construcción sea equivalente desde el punto de vista térmico con los métodos de instalación 6 o 7, el método de referencia B1 puede ser utilizado.

⁴ Se asume que la envolvente tiene una resistividad térmica pobre debido al material de construcción y a posibles espacios de aire. En los casos en que la construcción sea equivalente desde el punto de vista térmico con los métodos de instalación 6, 7, 8 o 9, los métodos de referencia B1 o B2 pueden ser utilizados.

Ítem Nº	Métodos de instalación	Descripción	Método de referencia para obtener I_{adm} correspondiente
13		Conductores aislados o cables unipolares en canal con separadores sobre pared	B1
14		Cable multipolar en canal con separadores sobre pared	B2
20		Cables unipolares o multipolares fijados directamente a una pared.	C
21		Cables unipolares o multipolares fijados directamente bajo un techo.	C, con el ítem 3 de la Tabla V-13
30		Cables unipolares o multipolares en bandeja no perforada ⁵	C con el ítem 2 de la Tabla V-13 ⁶
31		Cables unipolares o multipolares en bandeja perforada ⁵	E para multipolar y F para unipolar
32		Cables unipolares o multipolares sobre ménsulas o en bandeja tipo rejilla ⁵	E para multipolar y F para unipolar
34		Cables unipolares o multipolares en escalerilla	E para multipolar y F para unipolar

⁵ De : Para cables multipolares, corresponde al diámetro externo de los mismos;

Para cables unipolares, corresponde a:

- 2,2 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en trifolio o
- 3 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en formación plana

⁶ Para ciertas aplicaciones puede resultar más apropiado utilizar factores específicos, por ejemplo, los establecidos en las Tablas V-16 y V-17 del Capítulo III párrafo 3 punto iii.

Ítem Nº	Métodos de instalación	Descripción	Método de referencia para obtener I_{adm} correspondiente
35		Cable unipolar o multipolar suspendido de un hilo autoportante o que incluye un hilo autoportante	E para multipolar y F para unipolar
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores	G
40		Cable unipolar o multipolar en un ducto de construcción ⁷	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$, B2 $V \geq 20 D_e$, B1
42		Cable unipolar o multipolar en conducto en un ducto de construcción	B2
24		Conductores aislados en conducto de sección no circular en un ducto de construcción ^{7 8}	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$, B2 $V \geq 20 D_e$, B1
43		Cable unipolar o multipolar en conducto de sección no circular en un ducto de construcción ^{7 8}	B2
44		Conductores aislados en conducto de sección no circular en pared de mampostería que presente una resistividad térmica menor o igual a $2K.m/W$. ^{7 9}	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$, B2 $5 D_e \leq V \leq 50 D_e$, B1

⁷ V = menor dimensión o diámetro de un ducto de construcción, o la profundidad vertical de un ducto rectangular, o ducto en el piso o techo.

⁸ De = diámetro externo de un conducto o profundidad vertical de un canal.

⁹ De: Para cables multipolares, corresponde al diámetro externo de los mismos;

Para cables unipolares, corresponde a:

- 2,2 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en trifolio o
- 3 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en formación plana

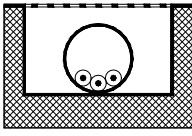
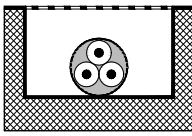


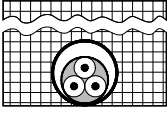
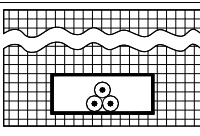
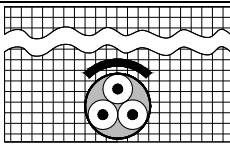
Ítem Nº	Métodos de instalación	Descripción	Método de referencia para obtener I_{adm} correspondiente
45		Cable unipolar o multipolar en conducto de sección no circular en pared de mampostería que presente una resistividad térmica menor o igual a 2K.m/W.	B2
46		Cable unipolar o multipolar: - Sobre un cielorraso - Bajo un piso elevado ^{10 11}	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$, B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$, B1
50		Conductores aislados o cable unipolar en canal embutido en el piso	B1
51		Cable multipolar en canal embutido en el piso	B2
52		Conductores aislados o cables unipolares en canal con separadores embutido	B1
53		Cables multipolares en canal con separadores embutido	B2
54		Conductores aislados o cables unipolares en conducto dentro de un canal de cables sin ventilación ¹²	$1.5 D_e \leq V < 20 D_e$, B2 $V \geq 20 D_e$, B1

¹⁰ V = menor dimensión o diámetro de un ducto de construcción, o la profundidad vertical de un ducto rectangular, o ducto en el piso o techo.

¹¹ De : Para cables multipolares, corresponde al diámetro externo de los mismos
Para cables unipolares, corresponde a:

- 2,2 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en trifolio o
- 3 x diámetro del cable cuando tres cables unipolares están dispuestos en formación plana.

¹² De = diámetro externo del conducto; V = profundidad interna del canal. La profundidad del canal es más importante que el ancho.

Ítem Nº	Métodos de instalación	Descripción	Método de referencia para obtener I_{adm} correspondiente
55		Conductores aislados en conducto dentro de un canal de cables abierto o ventilado en el piso ^{13 14}	B1
56		Cable con cubierta, unipolar o multipolar, en un canal de cables abierto o ventilado, con recorrido horizontal o vertical ¹⁴	B1
59		Conductores aislados o cables unipolares en conducto en mampostería ¹⁵	B1
60		Cables multipolares en conducto en mampostería ¹⁵	B2
70		Cable multipolar en conducto o en conducto de sección no circular enterrado	D
71		Cable unipolar en conducto o en conducto de sección no circular enterrado	D
73		Cables con cubierta, unipolares o multipolares enterrados directamente. Con protección mecánica adicional ¹⁶	D

¹³ Para cables multipolares instalados según el método 55, usar las corrientes admisibles correspondientes al método de referencia B2.

¹⁴ Se recomienda que estos métodos de instalación se utilicen solamente en áreas donde el acceso está restringido a personal autorizado de manera de evitar la reducción en capacidad de conducción de corriente y el peligro de incendio derivado de la acumulación de escombros.

¹⁵ La resistividad térmica de la mampostería es no mayor a 2 K.m/W.

¹⁶ La inclusión de cables directamente enterrados en este ítem es satisfactoria cuando la resistividad térmica del suelo es del orden de 2,5 K.m/W. Para resistividades de suelo menores, la corriente admisible de los cables directamente enterrados es apreciablemente mayor que la de los cables en conductos.

Conductos

Las características de los conductos para las instalaciones eléctricas están establecidas en la norma UNIT-IEC 423 “Conductos para instalaciones eléctricas. Diámetros exteriores de conductos. Roscas para conductos y accesorios” y en la norma UNIT-IEC 614 “Conductos para instalaciones eléctricas”, partes 1, 2, 3 y 4.

Se definen los siguientes tipos de conductos:

- **Conducto liso:** conducto de perfil longitudinal rectilíneo.
- **Conducto corrugado:** conducto de perfil longitudinal ondulado.
- **Conducto roscable:** conducto liso cuyos extremos poseen filetes para conexión roscada o que puede ser roscado manualmente.
- **Conducto rígido:** conducto que solo puede ser doblado mediante el uso de asistencia mecánica, con o sin tratamiento especial.
- **Conducto flexible:** conducto que puede ser doblado con la mano, con una fuerza razonablemente pequeña, pero sin otra asistencia, y el cual está destinado a doblarse frecuentemente a lo largo de su vida.
- **Conducto metálico:** conducto realizado exclusivamente en metal.
- **Conducto aislante:** al conducto realizado exclusivamente en material aislante, sin ningún elemento conductor, tanto en forma de revestimiento interno o de trenza o revestimiento metálico externo.
- **Conducto no propagador de llama:** conducto que, susceptible de prenderse fuego mediante la aplicación de una llama, ésta no se propaga y se autoextingue en un tiempo reducido luego de retirada la llama.

Los conductos se clasifican siguiendo distintos criterios como se expresa a continuación:

Criterio	Clasificación	Subclasificación
Según el material	Conductos metálicos	
	Conductos aislantes	
	Conductos compuestos	
Según el método de conexión:	Conductos roscables	Conductos lisos
	Conductos no roscables	Conductos lisos
		Conductos corrugados
Según las propiedades mecánicas	Conductos p/esfuerzos mecánicos muy livianos	
	Conductos p/esfuerzos mecánicos livianos	
	Conductos p/esfuerzos mecánicos medios	

	Conductos p/esfuerzos mecánicos pesados
	Conductos p/esfuerzos mecánicos muy pesados
Según la aptitud para el doblado	Conductos rígidos
	Conductos plegables
	Conductos transversalmente elásticos
	Conductos flexibles
Según las temperaturas	-45 (-45°C, -15°C, -15 °C a + 60°C) ¹⁷
	-25 (-25°C, -15°C, -15 °C a + 60°C)
	-5 (-5°C, -5°C, -5 °C a + 60°C)
	+90 (-5°C, -5°C, -5 °C a + 60°C) (2)
	+90/-25 (-25°C, -15°C, -15 °C a + 60°C) ¹⁸
Según la resistencia de propagación de llama	Conductos no propagadores de llama
	Conductos propagadores de llama
Según las características eléctricas	Conductos sin continuidad eléctrica
	Conductos con continuidad eléctrica
	Conductos sin propiedad aislante
	Conductos con propiedad aislante

Tabla 6: Clasificación de conductos.

¹⁷ La primera temperatura corresponde al almacenamiento y transporte, la segunda al uso e instalación y la tercera al rango de aplicación permanente.

¹⁸ Temporalmente, pueden soportar temperaturas de hasta +90°C.

Criterio	Clasificación	Subclasificación
Según la resistencia a las influencias externas	Resistencia al ingreso de agua	S/protección (IPX0)
		C/protección contra agua en forma de lluvia IPX3
		C/protección contra proyecciones de agua IPX4
		C/protección contra chorros de agua IPX5
		C/protección contra embates del mar IPX6
		C/protección contra efectos de la inmersión IPX7
		C/protección contra la inmersión prolongada IPX8
	Resistencia al ingreso de cuerpos sólidos	C/protección contra cuerpos sólidos mayores a 2.5mm IP3X
		C/protección contra cuerpos sólidos mayores a 1mm IP4X
		C/protección contra el polvo IP5X
		C/protección total contra el polvo
	Resistencia a sustancias corrosivas o contaminantes	Con igual protección externa e interna: <ul style="list-style-type: none"> - baja protección - protección media - protección elevada
	Resistencia a la radiación solar	Sin protección
		Con protección: <ul style="list-style-type: none"> - baja protección - protección media - protección elevada

Tabla 7: Clasificación de conductos (continuación).

Marcaje

Los conductos metálicos se marcan con una sola cifra que indica sus características mecánicas (1 esfuerzos mecánicos muy livianos, 2 esfuerzos mecánicos livianos, 3 esfuerzos mecánicos medios, 4 esfuerzos mecánicos pesados, 5 esfuerzos mecánicos muy pesados).

Los conductos aislantes deben marcarse con un código de tres cifras: la primera cifra indica sus características mecánicas (1 esfuerzos mecánicos muy livianos, 2 esfuerzos mecánicos livianos, 3 esfuerzos mecánicos medios, 4 esfuerzos mecánicos pesados, 5 esfuerzos mecánicos muy pesados) y las dos siguientes indican su clasificación según la temperatura (05 conductos clase –5, 25 conductos clase –25, 45 conductos clase –45, 90 conductos clase +90, 95 conductos clase +90/–25).

Se define además un código de marcado complementario (no obligatorio) donde se describen las características del conducto con relación a su aptitud para la flexión, sus propiedades eléctricas, su resistencia al ingreso de agua, su resistencia al ingreso de cuerpos sólidos, su resistencia a la corrosión y su resistencia a la radiación solar)

Utilización

Para instalaciones fijas de uso industrial se utilizan habitualmente, y dependiendo del proceso involucrado, conductos (o caños) metálicos.

Para utilización subterránea, así como para las canalizaciones de líneas generales, debido a los esfuerzos mecánicos, se utilizan conductos aislantes rígidos.

Los conductos aislantes corrugados se utilizan embutidos en pared, habitualmente en uso edilicio.

Para la selección de los conductos, se utiliza como criterio de dimensionamiento, y así lo establece el reglamento de UTE, el siguiente:

$$S_{\text{int}} \geq \frac{\sum S_i}{0.4}$$

Siendo:

- S_{int} la sección útil del conducto
- S_i la sección del conductor i.

A continuación, se muestran gráficamente algunos de los conductos descritos anteriormente.

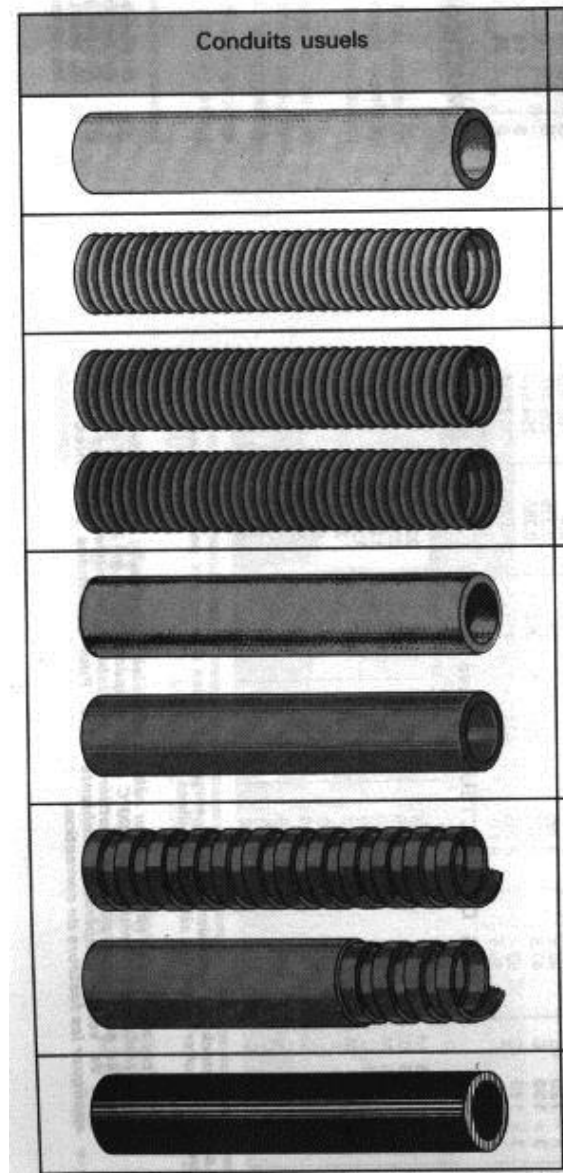


Figura 4: Ejemplos conductos.

Bandejas

La utilización de bandejas para la suspensión de los cables es de uso principalmente industrial.

Para la elección de la bandeja portacables a instalar es necesario tener en cuenta una serie de elementos:

- Cantidad y sección de los cables a llevar por la bandeja.
- Características del ambiente donde se montará la misma (ambiente húmedo, con polvo, corrosivo, etc.).
- Peso de los cables a instalar, lo que deberá también contrastarse con la capacidad de carga de la bandeja.

Existen dos tipos principales de bandejas:

- **Bandejas tipo escalera:** se presenta a continuación una ilustración gráfica de este tipo

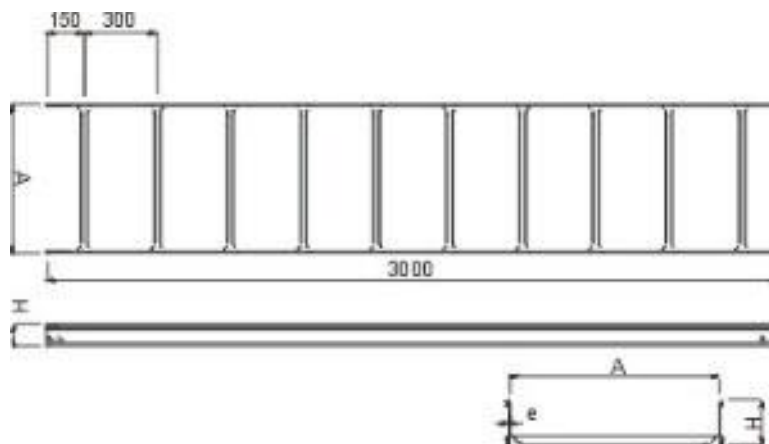


Figura 5: Ejemplo de bandeja tipo escalerilla.

Código	Espesor de travesaños (mm)	A (mm)	H (mm)
TRL-150	1.6	150	92
TRL-300	1.6	300	92
TRL-450	2.1	450	92
TRL-600	2.1	600	92
TRL-150-H	1.6	150	64
TRL-300-H	1.6	300	64
TRL-450-H	1.6	450	64
TRL-600-H	1.6	600	64

Tabla 8: Tabla ejemplo de medidas de dimensiones bandejas.

- **Bandejas tipo perforadas:** se presenta a continuación una ilustración gráfica de este tipo:

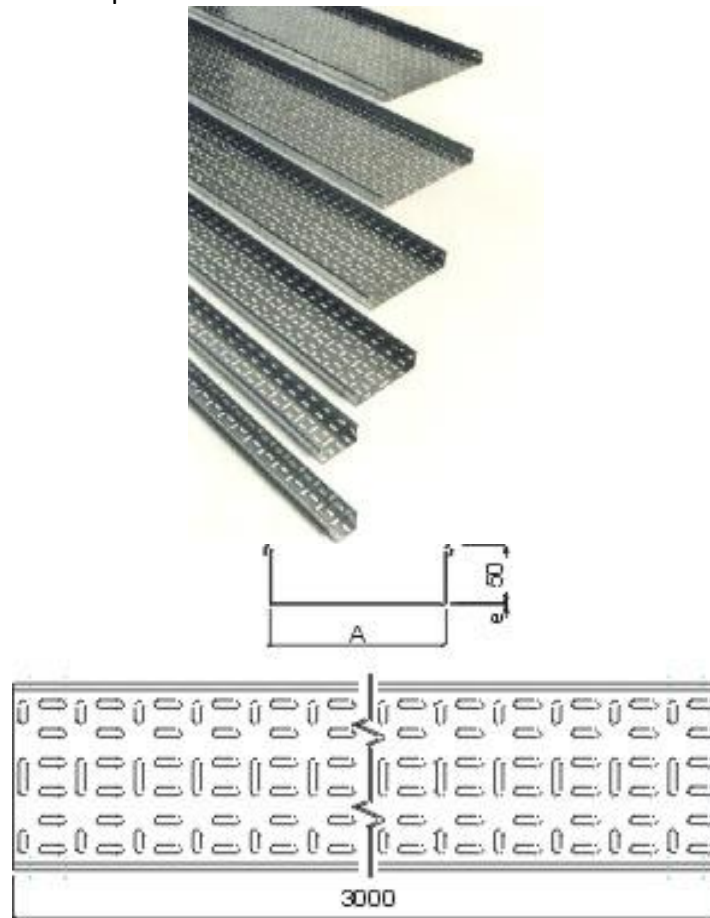


Figura 6: Ejemplo de bandeja calada.

Código	A (mm)	H (mm)	esp (STD)	esp (Pesada)
TRP-50-Z	50	50	0.89	1.6
TRP-100-Z	100	50	0.89	1.6
TRP-150-Z	150	50	0.89	1.6
TRP-200-Z	200	50	0.89	1.6
TRP-250-Z	250	50	0.89	1.6
TRP-300-Z	300	50	0.89	1.6
TRP-450-Z	450	50	1.24	1.6
TRP-600-Z	600	50	1.24	1.6

Tabla 9: Tabla ejemplo de medidas de dimensiones bandejas.

Para la instalación en planta del sistema de bandejas, existe un conjunto amplio de accesorios que incluye, entre otros, desvíos, uniones, curvas, reducciones, etc. Algunos de estos accesorios se presentan a continuación:



Figura 7: Uniones.

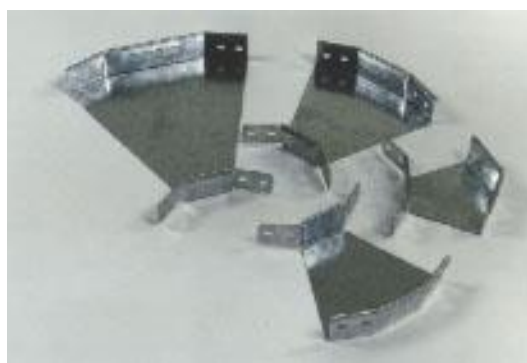


Figura 8: Curvas 45°.

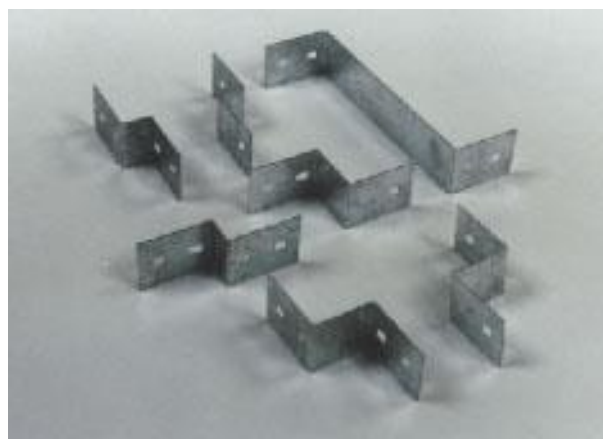


Figura 9: Reducciones.

Algunas prescripciones de instalación:

- No deben ubicarse en la misma bandeja, cables de media y/o alta tensión con cables de BT.
- De convivir en la misma bandeja cables de potencia con cables de control, los mismos deben estar correctamente señalizados y se debe tener en cuenta además las eventuales perturbaciones que provoquen unos sobre otros, tomando las medidas del caso (apantallamientos, etc).
- Las bandejas metálicas deben estar aterradas en toda su extensión. Para esto, a los efectos de mantener la continuidad del aterramiento y dado que las bandejas se instalan por tramos, se recomienda el aterramiento de cada tramo.

2.3.3. Influencias externas

Adicionalmente, al seleccionar e instalar un sistema de canalizaciones, deberá tenerse en cuenta las influencias externas, en particular:

- **Temperatura ambiente:** Los sistemas de canalizaciones deben ser adecuados a la máxima temperatura ambiente del local donde se instalarán, debiendo asegurarse siempre que los aislamientos no sobrepasen su temperatura máxima admisible.
- **Fuentes externas de calor:** el calor proveniente de fuentes externas puede transmitirse por radiación, convección o conducción y puede tener distinto origen: sistemas de agua caliente, luminarias y aparatos industriales, procesos de manufactura, materiales térmicos conductores, etc. A los efectos de evitar los efectos de este calor sobre los materiales eléctricos, existen distintas medidas a tomar: apantallamiento, ubicación de los materiales a una distancia apropiada, reforzado local o sustitución del material aislante, selección de los materiales teniendo en cuenta la sobretemperatura que la fuente externa de calor pueda aportar, etc.
- **Presencia de agua:** los sistemas de canalizaciones deben seleccionarse e instalarse de forma que los mismos no registren daños a causa del ingreso de agua. Todo el sistema de canalizaciones debe tener un grado de protección (IP) adecuado a las características del local donde sea instalado. En aquellos casos donde se prevea acumulación de agua o condensación, deberán tomarse medidas para su evacuación.
- **Presencia de cuerpos sólidos extraños:** los sistemas de canalizaciones deben seleccionarse e instalarse de forma de evitar en lo posible el ingreso de cuerpos sólidos extraños. Como en el caso anterior, todo el sistema de canalizaciones debe tener un grado de protección (IP) adecuado a las características del local donde sea instalado. En aquellos locales donde haya una presencia importante

de polvo, se deben tomar precauciones adicionales para evitar que la acumulación del mismo o de otras sustancias afecte la disipación térmica de la canalización.

Nota: La norma internacional IEC 60529 define el código IP. Dicho código está constituido por dos cifras; la primera de ellas especifica la protección de un material eléctrico contra la penetración de cuerpos sólidos extraños y la segunda especifica la protección de un material eléctrico contra la penetración de agua con efectos nocivos. Los códigos establecidos por la norma son los siguientes:

Primera cifra (Protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos extraños)		Segunda cifra (Protección del material contra la penetración de agua con efectos nocivos)	
0	<i>No protegido</i>	0	<i>No protegido</i>
1	<i>Protegido contra objetos de diámetro $\geq 50\text{mm}$</i>	1	<i>Gotas de agua en dirección vertical</i>
2	<i>Protegido contra objetos de diámetro $\geq 12,5\text{mm}$</i>	2	<i>Gotas de agua (15° de inclinación)</i>
3	<i>Protegido contra objetos de diámetro $\geq 2,5\text{mm}$</i>	3	<i>Lluvia (60° de inclinación)</i>
4	<i>Protegido contra objetos de diámetro $\geq 1\text{mm}$</i>	4	<i>Proyección de agua (Salpicaduras)</i>
5	<i>Protegido contra el polvo</i>	5	<i>Proyección con lanza de agua (chorros de agua, manguera)</i>
6	<i>Estando al polvo</i>	6	<i>Proyección potente con lanza (Olas)</i>
		7	<i>Inmersión temporal</i>
		8	<i>Inmersión prolongada</i>

Tabla 10: Codificación IP.

- Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes:** Cuando por la presencia de sustancias corrosivas o contaminantes, incluido el agua, existe la posibilidad que se produzcan corrosiones o deterioro de los materiales, aquellas partes del sistema de canalizaciones que estén sometidas a dichas sustancias deberán estar fabricadas en materiales resistentes a las mismas o de lo contrario ser adecuadamente protegidas contra los efectos de las mismas durante su instalación (cintas, pinturas, grasas, etc.). Metales diferentes que puedan generar una reacción electrolítica no deben ponerse en contacto entre sí, a menos que se tomen las medidas del caso para evitar las consecuencias de

dicho contacto. Tampoco debe ponerse en contacto entre sí a materiales que puedan producir un deterioro o una degradación peligrosa mutua o individual.

- **Impacto, vibraciones y otras sollicitaciones mecánicas:** Los sistemas de canalizaciones deben seleccionarse e instalarse de manera de minimizar los posibles perjuicios provocados por sollicitaciones mecánicas. Para el caso de las instalaciones fijas con un nivel de impacto medio a elevado, la protección deberá considerar las características mecánicas del sistema de canalizaciones, la ubicación del mismo y la posibilidad de incrementar local o generalmente la protección mecánica. Aquellas canalizaciones que estén soportadas o fijadas en la estructura de algún equipamiento susceptible de sufrir vibraciones de mediana a alta severidad, deberán ser aptas para uso en tales condiciones; se debe prestar particular atención en este caso a los cables y sus conexiones (cables flexibles). La instalación eléctrica de aquellos elementos que se encuentren suspendidos, por ejemplo, las luminarias deben realizarse con un cable de alma flexible.

La selección e instalación de un sistema de canalizaciones debe realizarse de forma tal de evitar, durante la instalación, el uso y el mantenimiento del mismo, todo daño a la cubierta protectora y al aislamiento de los cables, así como a sus terminales. Para esto, es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando los conductos o ductos de cable se encuentren enterrados en la estructura, los mismos deben estar completamente instalados antes de comenzar a instalar los conductores dentro de ellos.
 - El radio de curvatura en cada cambio de dirección de un sistema de canalizaciones debe ser tal que los conductores o cables no sufran daño alguno.
 - Para aquellos sistemas de canalizaciones en los que los conductores o cables no se encuentran soportados de forma continua, los mismos deben soportarse por medios y a intervalos adecuados de manera que los conductores o cables no sufran daños derivados de la acción de su propio peso.
 - Cuando, debido a su forma de instalación, el sistema de canalizaciones se encuentra sometido a una tensión mecánica, debe utilizarse el tipo de conductor o cable, así como el método de montaje apropiados de forma que los conductores o cables no sufran daños derivados de la acción de su propio peso.
 - El sistema de canalización que se encuentre enterrado en el piso deberá estar lo suficientemente protegido para evitar posibles perjuicios derivados del uso de dicho piso.
 - El sistema de canalización destinado para el retiro o la colocación de cables debe contar con los medios adecuados de acceso para realizar dicha operación.
- **Presencia de flora o fauna:** Efecto de los roedores.

- **Radiación solar:** Colores del aislamiento: Negro vs. otros colores. Prever que los cables en este caso deben tener protección contra rayos ultravioleta.
- **Efectos sísmicos**
- **Vientos**

2.3.4. Precauciones a tomar en cuanto a las conexiones de conductores

Las conexiones entre conductores así como las conexiones entre conductores y otros equipamientos deben garantizar una continuidad eléctrica permanente en el tiempo y una adecuada robustez mecánica.

Al realizar dichas conexiones deben tomarse en cuenta los siguientes elementos:

- El material de conductor y su aislamiento (manguitos bimetálicos para conexión de conductores de distintos materiales).
- La cantidad y forma de alambres que componen el conductor.
- La sección nominal del conductor.
- La cantidad de conductores a conectarse juntos.

Toda conexión eléctrica debe ser accesible para su inspección, revisión y mantenimiento con excepción de los empalmes en cables enterrados, los empalmes encapsulados y las conexiones entre puntas frías y calientes en el caso de sistemas de calefacción.

2.4. Determinación de la sección de un conductor por capacidad de conducción de corriente

La corriente eléctrica transportada por un conductor siempre produce pérdidas de energía térmica por efecto Joule, debido a la resistencia de dicho conductor. Esta energía se emplea en parte para elevar la temperatura del conductor y el resto se disipa hacia el medio ambiente como calor. La disipación de esta energía, depende de la naturaleza de los materiales que componen el conductor, así como del medio en el cual el mismo se encuentra. Si la corriente en el conductor es constante, se alcanzará el “equilibrio térmico” cuando el calor producido sea igual al disipado, es decir, cuando la potencia térmica desarrollada en el conductor se disipa totalmente en el ambiente. En esas condiciones, el conductor mantendrá constante su temperatura.

Se denomina “capacidad de conducción de corriente, I_z ” (también llamada corriente admisible) a aquella corriente que circulando continuamente por el conductor, produce el equilibrio térmico a la temperatura máxima admisible de servicio continuo. Esta temperatura máxima admisible depende del tipo de aislamiento del cable y la misma está determinada en la siguiente tabla (IEC 60502 – 1983 e IEC 60702 – 1981).

Tipo de aislamiento	Temperatura máxima (°C)	
	En operación normal	En cortocircuito
PVC	70°C en el conductor	160°C, $S \leq 300\text{mm}^2$, PVC/A
XLPE e EPR	90°C en el conductor ¹⁹	250°C
Mineral (cubierta de PVC o expuesta al tacto)	70°C en la envolvente	
Mineral (no expuesta al tacto y no estando en contacto con material combustible)	105°C en la envolvente ²⁰	

Tabla 11: Temperaturas máximas admisible según tipo aislación.

La norma IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” en su parte 5-52 “selección y utilización de material eléctrico – canalizaciones”, ANEXO C, establece que la relación entre la capacidad de corriente de un cable y su sección nominal están relacionadas a través de la siguiente expresión:

¹⁹ Cuando el conductor opera a una temperatura superior a los 70°C debe tenerse en cuenta también que el equipamiento conectado al mismo sea apto para trabajar con esa temperatura en el punto de conexión.

²⁰ Para cables de aislamiento mineral, es posible obtener temperaturas de operación mayores dependiendo de la temperatura del cable, sus terminales, las condiciones ambientales a las que está sometido y otras influencias externas.

$$I = AS^m - BS^n$$

Siendo:

- I la máxima capacidad de corriente en Amperes.
- S la sección nominal del conductor en mm^2
- A, B coeficientes y m, n exponentes que dependen del cable y de su método de instalación.

A los efectos de facilitar la evaluación de esta expresión, la norma adjunta tablas con distintos valores de I y S para los distintos tipos de cables y formas de instalación.

A continuación, se muestra un ejemplo del tipo de tablas en las que se presenta la corriente admisible para los distintos tipos de conductores:

- **Corrientes admisibles en A (A) – Métodos de referencia A a F:**

Método de referencia	Cantidad de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	Nro col.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11
A1		3/ PVC	2/ PVC			3/XLPE	2/ XLPE						
A2	3/ PVC	2/ PVC		3/ XLPE	2/ XLPE								
B1				3/ PVC	2/ PVC		3/ XLPE		2/ XLPE				
B2			3/ PVC	2/ PVC		3/ XLPE	2/ XLPE						
C					3/ PVC		2/PVC	3/ XLPE		2/ XLPE			
E						3/ PVC		2/ PVC	3/ XLPE		2/ XLPE		
F							3/PVC		2/ PVC	3/ XLPE		2/ XLPE	
Nro col.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11	
S (mm²)													

Cobre												
0,5	7	7	7	8	9	9	8	11	11	10	13	-
0,75	9	9	9	10	11	12	11	14	14	13	17	-
1	10	10	11	12	13	14	13	17	17	16	21	-
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
2	15	16	17	18	20,5	22	23	26	27,5	29	32	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	83	89	99	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	99	108	118	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	125	136	149	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	150	164	179	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	172	188	206	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	196	216	-	-	285	318	344	371	399	441	473	504
185	223	245	-	-	324	362	392	424	406	506	542	575
240	261	286	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679
300	298	328	-	-	435	486	530	576	621	693	741	783
400	-	-	-	-	-	-	656	-	754	823	-	940
500	-	-	-	-	-	-	749	-	868	946	-	1083
630	-	-	-	-	-	-	858	-	1005	1088	-	1254
Nro col.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	11
Aluminio												
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	65	70	77	86	90	96	103	112	120	126	135	150

50	78	84	92	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	98	107	116	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	118	129	139	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	135	149	160	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	155	170	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	176	194	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	207	227	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530
300	237	261	-	-	344	381	406	440	471	508	543	613
400	-	-	-	-	-	-	526	-	600	663	-	740
500	-	-	-	-	-	-	610	-	694	770	-	856
630	-	-	-	-	-	-	711	-	808	899	-	996

Tabla 12: Corrientes admisibles en A (A) – Métodos de referencia A a F.

- Corrientes admisibles en A (A) – Método de referencia D:

Método de referencia	S (mm ²)	Cantidad de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		2/PVC	3/PVC	2/XLPE	3/XLPE
D	Cobre				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
95	216	179	252	211	

	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
	300	408	336	474	396
D	Aluminio				
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
	300	313	260	364	308

Tabla 13: Corrientes admisibles en A (A) – Método de referencia D.

- Corrientes admisibles en A (A) – Método de referencia G:

Método de referencia	S (mm ²)	Cables unipolares, tres conductores cargados en formación plana			
		Aislamiento de PVC		Aislamiento de XLPE	
		Separados De		Separados De	
		Horizontalmente	Verticalmente	Horizontalmente	Verticalmente
G	Cobre				
	1,5	-	-	-	-
	2,5	-	-	-	-
	4	-	-	-	-
	6	-	-	-	-
	10	-	-	-	-

	16	-	-	-	-
	25	146	130	182	161
	35	181	162	226	201
	50	219	197	275	246
	70	281	254	353	318
	95	341	311	430	389
	120	396	362	500	454
	150	456	419	577	527
	185	521	480	661	605
	240	615	569	781	719
	300	709	659	902	833
	400	852	795	1085	1008
	500	982	920	1253	1169
	630	1138	1070	1454	1362
G	Aluminio			-	-
	16	-	-	-	-
	25	112	99	138	122
	35	139	124	172	153
	50	169	152	210	188
	70	217	196	271	244
	95	265	241	332	300
	120	308	282	387	351
	150	356	327	448	408
	185	407	376	515	470
	240	482	447	611	561
	300	557	519	708	652
	400	671	629	856	652
	500	775	730	991	921
	630	900	852	1154	1077

Tabla 14: Corrientes admisibles en A (A) – Método de referencia G.

Los métodos de referencia mencionados en estas tablas corresponden a los indicados en las tablas de ejemplos de canalizaciones de estos apuntes (tabla 52-3).

Las tablas establecidas en la norma se aplican a conductores aislados y cables no armados con una tensión nominal menor o igual a 1kV-AC o 1.5kV-DC y fueron obtenidas a través de métodos establecidos en la IEC 60287, utilizando las dimensiones especificadas en la IEC 60502 y los valores de resistencia de los conductores dados en la IEC 60228. Adicionalmente, la norma establece tablas simplificadas.

Basándose en los valores de la norma y sus tolerancias, cada fabricante de cables garantiza una capacidad de conducción de corriente para los cables fabricados por él. De no contar con este dato, los valores de la norma proporcionan una idea muy estimada de la capacidad de conducción de corriente de un determinado cable; sin embargo, de tenerlo, puede resultar más conveniente utilizar los datos del fabricante del cable.

Factores de corrección de las tablas

- **Por temperatura ambiente:** se entiende por temperatura ambiente a la temperatura en el medio que rodea al cable en consideración cuando el mismo no está cargado.

Las tablas usualmente suministradas corresponden a una temperatura ambiente de 30°C para cables al aire, independientemente de su modo de instalación, y de 20°C para cables enterrados, directamente en el suelo o en ductos en el piso. Cuando la temperatura ambiente en el local de ubicación del cable es diferente de los mencionados valores, corresponde aplicar los coeficientes de corrección en tablas adjuntas:

Factores de corrección para temperaturas ambientes distintas de 30°C a aplicarse a las capacidades de corriente para cables en aire:

Temperatura ambiente °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87

50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.71
65	*	0.65
70	*	0.58
75	*	0.50
80	*	0.41
85	*	*
90	*	*
95	*	*

Tabla 15: Factor de corrección por temperatura ambiente.

Factores de corrección para temperaturas de terreno distintas de 20°C a aplicarse a las capacidades de corriente para cables en ductos en la tierra:

Temperatura ambiente °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE
10	1.10	1.07
15	1.05	1.04
25	0.95	0.96
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65
65	*	0.60
70	*	0.53
75	*	0.46

80	*	0.38
----	---	------

Tabla 16: Factor de corrección por temperatura de terreno.

- Por agrupamiento de conductores aislados o cables:** Las tablas base están dadas para un circuito que puede estar formado por dos conductores aislados (dos cables unipolares o un cable bipolar) o por tres conductores aislados (tres cables unipolares o un cable tripolar). Cuando se instalan más conductores aislados o cables en el mismo grupo, deberán aplicarse los factores de corrección correspondientes, los cuales están dados para las distintas instalaciones (conducto, ducto de cable, bandeja, etc.).

A continuación, se muestra como ejemplo una tabla de factores de reducción por agrupamiento dado por la norma para el caso de los métodos de referencia A, B o C.

Ítem	Disposición (cables tocándose)	Número de circuitos o cables multipolares												A utilizarse con las corrientes admisibles, Métodos de referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Juntos en aire, sobre una superficie, embutidos o dentro 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 y B
2	En una única capa sobre pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,70	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No se requiere un factor de corrección adicional para más de nueve circuitos o cables multipolares			C
3	En una única capa, fijados directamente bajo techo	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				

Nota 1: Cuando las distancias horizontales entre cables adyacentes superen el doble de su diámetro total, no se requiere la aplicación de ningún factor de corrección

Nota 2: Se aplican los mismos factores a: grupos de dos o tres cables unipolares que a cables multipolares

Nota 3: Si un sistema incluye cables bipolares y cables tripolares, se toma el número de circuitos como el número total de cables, y el factor correspondiente se aplica a las Tablas para dos conductores cargados para los cables bipolares, y a las Tablas para tres conductores cargados para los cables tripolares.

Nota 4: Si un grupo contiene n cables unipolares, puede considerárselo como $n/2$ circuitos de dos conductores cargados o $n/3$ circuitos de tres conductores cargados

Nota 5: Para algunas instalaciones, así como para algunos métodos de instalación, no suministrados en la presente Tabla, puede resultar apropiado usar factores calculados para casos específicos, ver por ejemplos las Tablas V-16 y V-17 del punto 3.iii

Tabla 17: Factor de corrección por agrupamiento.

Los factores de reducción por grupo son aplicables a conductores o cables con la misma temperatura máxima de operación. La cantidad de conductores a considerar en un circuito está dada por aquellos que transportan corriente (no deberá considerarse conductores de protección PE ni el conductor de neutro salvo que el mismo conduzca corrientes armónicas importantes (mayores al 10%). Si se sabe que por razones de operación, algún conductor no transportará corrientes superiores al 30% del valor del grupo, el mismo tampoco deberá tenerse en cuenta.

- **Por la resistividad térmica del suelo:** las tablas para conductores en el suelo corresponden a una resistividad térmica de suelo de 2.5Km/W. En casos donde el suelo tenga una resistividad térmica mayor, deberán ajustarse los valores expresados en las tablas con los correspondientes factores de corrección.

De lo visto anteriormente, se deduce que la capacidad de conducción de corriente I_z , depende de:

- El material del que está hecho el conductor (Cu o Al).
- Su sección nominal.
- El material del aislamiento del conductor.
- Las condiciones de instalación del conductor (forma de instalación, agrupamiento de conductores, etc).
- La temperatura ambiente o la temperatura del suelo para canalizaciones enterradas.

2.5. Verificación de la corriente de cortocircuito

Luego de determinada la sección de un conductor por el criterio de “capacidad de conducción de corriente” se debe verificar la viabilidad de la sección calculada de acuerdo a las secciones admisibles en cortocircuito.

Se estudiará a continuación los problemas térmicos resultantes de la circulación de corrientes de valor elevado y de corta duración, como es el caso de las corrientes de cortocircuito en sistemas de BT. Al producirse un cortocircuito en algún punto de la instalación hay un gran aumento de la corriente que circula por los conductores, dicha sobrecorriente se traduce en un aumento de la temperatura del conductor. Se trata de ver si el conductor es capaz de absorber el exceso de energía producido por una falta sin dañarse.

Consideremos un conductor con las siguientes características:

- T_i Temperatura del conductor en servicio.
- T_f Temperatura final del conductor, luego de despejarse el corto circuito
- R Resistencia eléctrica del conductor. $R = \frac{\rho \cdot l}{S}$
- ρ Resistividad del material conductor. $[\rho] = \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
- α Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura. $[\alpha] = \frac{1}{^\circ\text{C}}$
- C_p Calor específico para el material del conductor. $[C_p] = \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$
- δ Peso específico del material conductor. $[\delta] = \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Supondremos que el cortocircuito es un proceso adiabático, es decir que toda la energía desarrollada por la corriente por efecto Joule es absorbida por el conductor en forma de calor y por lo rápido que es el proceso, el mismo no se transmite al exterior. Se puede entonces establecer la igualdad:

$$C_p \cdot l \cdot S \cdot \delta \cdot dT = R \cdot i^2 \cdot dt$$

con:

- l longitud del conductor en metros.
- S sección del conductor en mm^2 .

Si suponemos que el calor específico del material conductor no varía con la temperatura y suponemos que:

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

Resultando:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T) \Rightarrow$$

$$C_p \cdot l \cdot S \cdot \delta \cdot dT = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T) \cdot i^2 \cdot dt \Rightarrow$$

$$\frac{C_p \cdot l \cdot S \cdot \delta}{R_0} \cdot \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{(1 + \alpha \cdot T)} = \int_0^t i^2 dt = I^2 t$$

$$\frac{C_p \cdot l \cdot S \cdot \delta}{R_0} \cdot \frac{1}{\alpha} L_n \left[\frac{1 + \alpha T_f}{1 + \alpha T_i} \right] = I^2 t$$

De donde:

$$I^2 t = \frac{C_p \cdot l \cdot S \cdot \delta}{R_0 \cdot \alpha} \cdot L_n \left[\frac{\frac{1}{\alpha} + T_f}{\frac{1}{\alpha} + T_i} \right]$$

Teniendo en cuenta $R_0 = \frac{\rho_0 \cdot l}{S}$ y expresando el L_n en logaritmo en base 10:

$$I^2 t = \frac{C_p \cdot S^2 \cdot \delta}{\rho_0 \cdot \alpha} \cdot 2.3 \cdot \text{Log}_{10} \left[\frac{\frac{1}{\alpha} + T_f}{\frac{1}{\alpha} + T_i} \right] = (KS)^2$$

Siendo K, una constante que depende del material del conductor y del tipo de aislamiento del mismo. Los valores de K son los siguientes:

Metal	Aislamiento	K
Cobre	PVC	115
	EPR / XLPE	135
Aluminio	PVC	74
	EPR / XLPE	87

Tabla 18: Valores de K por material de aislación y conductor.

Muchas veces en la bibliografía se desprecia el efecto de la variación de la conductividad con la temperatura con lo cual se llega a que:

$$I^2 t = \frac{C_p \cdot S^2 \cdot \delta}{\rho} \cdot \Delta T$$

Con esta ecuación, deberá establecerse una coordinación entre el cable y su protección asociada. Conociendo el valor máximo de la energía que el cable puede absorber durante un cortocircuito, deberá seleccionarse una protección que no permita que dicho valor de energía máximo sea sobrepasado.

A estos efectos, los fabricantes de cables suministran tablas que relacionan las corrientes de cortocircuito, las secciones nominales y los tiempos. Se adjunta a modo de ejemplo, una de estas tablas.

Temperaturas máximas admisibles en régimen de C.C.:

Aislamiento	T (° C)
Papel impregnado	145
PVC	160
Polietileno reticulado ²¹	250

Tabla 19: Temperaturas máximas admisibles en CC.

²¹ Si en el polietileno reticulado los empalmes o terminales no son prensados sino soldados con estaño la temperatura máxima admisible se reduce a 160 °C.

PAYTON P.V.C 1.1 kV

Conductor de Cobre.
Conexiones Prensadas o Soldadas.

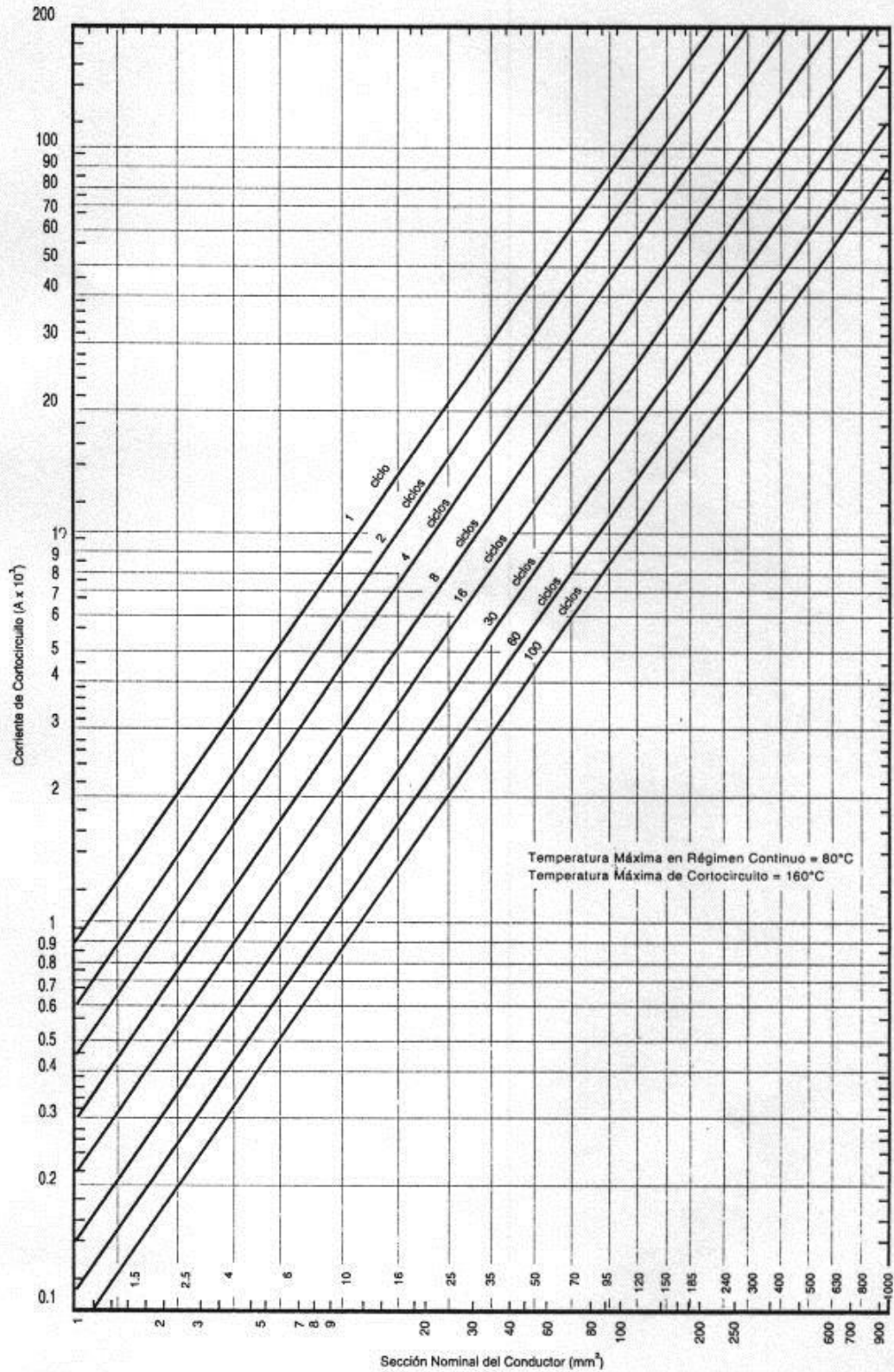


Figura 10: Corrientes máximas de CC, conductor Cu.

PAYTON XLPE

Conductor de Aluminio.
Conexiones Prensadas.

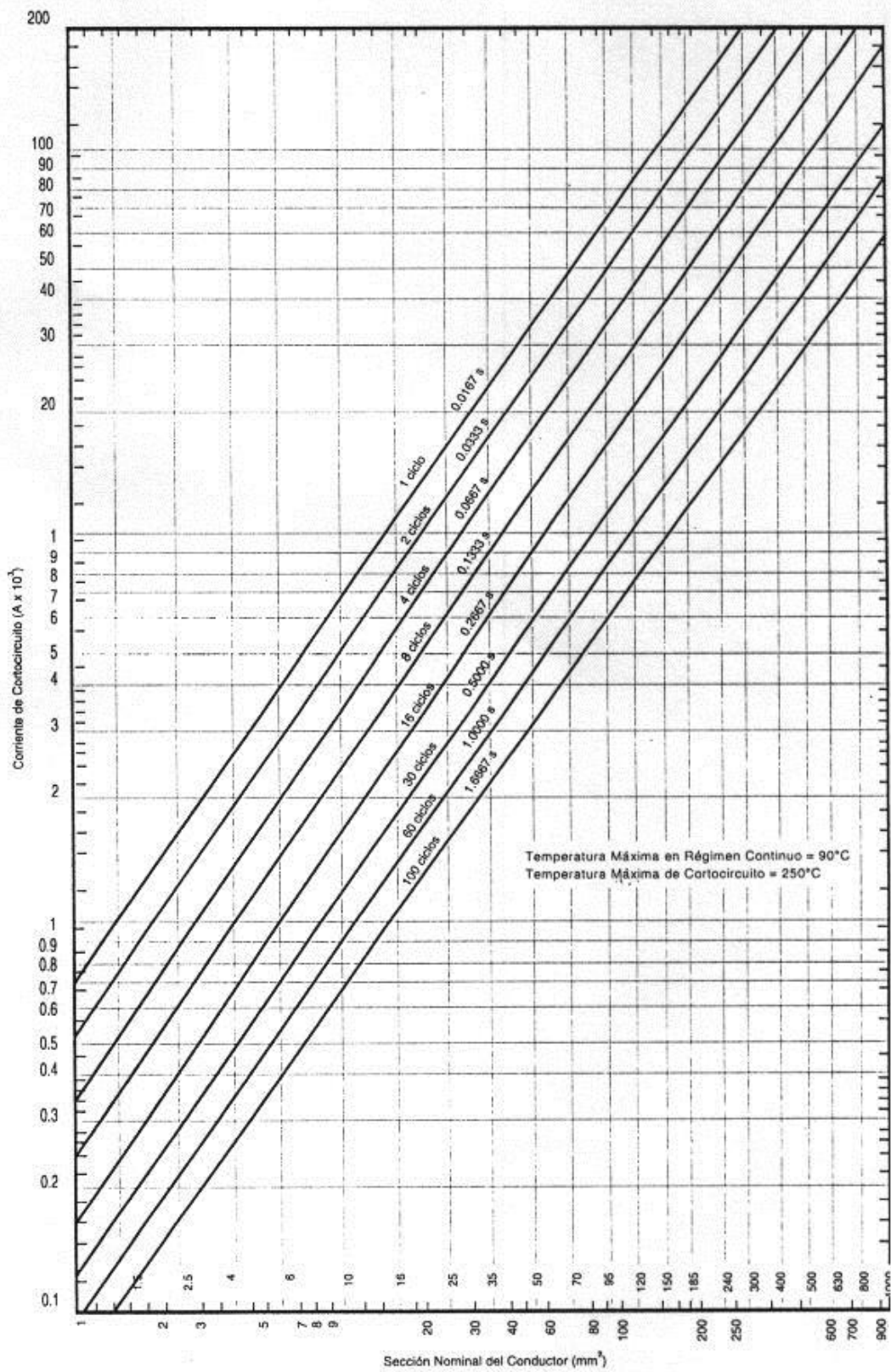


Figura 11: Corrientes máximas de CC, conductor Al.

2.6. Verificación de la sección por el criterio de “caída de tensión”

Es muy importante que la sección seleccionada para los distintos conductores logre caídas de tensión admisibles para el buen funcionamiento de la instalación y de los equipos conectados a la misma.

A los efectos de la utilización de este criterio, se considera la caída de tensión entre dos puntos 1 y 2 de la instalación como la diferencia de los módulos de las tensiones en los mismos, es decir:

$$\Delta U = \left| \vec{U}_1 \right| - \left| \vec{U}_2 \right|$$

Se diseña, y el Reglamento de UTE así lo establece, con el criterio de que la caída de tensión total (considerada desde el punto de entrada de la alimentación hasta los bornes del receptor en estudio) debe cumplir:

$$\Delta U \leq 3\% \text{ para cargas de iluminación}$$

$$\Delta U \leq 5\% \text{ para cargas de fuerza motriz}$$

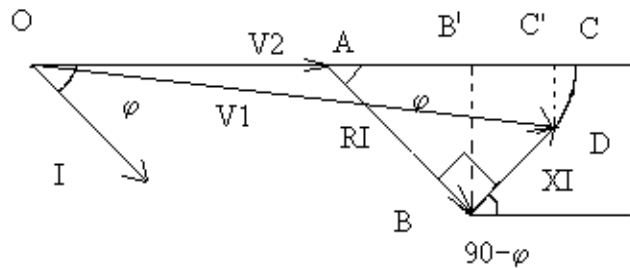
Se deducirá a continuación la expresión de la caída de tensión a lo largo de una línea en función de los diferentes parámetros involucrados.

Sea un conductor trifásico destinado a llevar la energía desde un extremo alimentador, punto 1 hasta un extremo receptor, punto 2, en el cual debe alimentarse una determinada carga.

Sean:

- U_1 : tensión compuesta en V en el extremo alimentador (usualmente igual a U_n , tensión nominal de la instalación) ($V_1 = U_1 / \sqrt{3}$).
- U_2 : tensión compuesta en V en el extremo receptor ($V_2 = U_2 / \sqrt{3}$).
- ΔU : caída de tensión producida a lo largo del conductor, en V. (usualmente dada como un porcentaje de la tensión nominal U_n de la instalación).
- P : potencia activa consumida por la carga, en W.
- $\cos \varphi$: factor de potencia de la carga.
- $Z_c = R + jX$: impedancia del conductor por fase, en Ω .
- I : corriente en cada fase del conductor, en A.
- σ : conductividad del conductor, en $\frac{m}{\Omega mm^2}$.
- S : sección del conductor, en mm^2 .

El diagrama fasorial de la situación a estudiar es el siguiente:



Del mismo se deduce la ecuación vectorial:

$$\frac{\overline{U}_1}{\sqrt{3}} = \overline{Z} \cdot \overline{I} + \frac{\overline{U}_1}{\sqrt{3}}$$

2.6.1. Método aproximado

Sea el punto C la intersección entre la recta OA y la circunferencia de centro O y OD.

$$\Rightarrow AC = OC - OA = \frac{U_1}{\sqrt{3}} - \frac{U_2}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}}$$

utilizando la aproximación del diagrama de KAPP, lo que equivale a despreciar la caída de tensión en el cable frente a las tensiones U_1 y U_2 involucradas, se aproxima el segmento OC por la proyección ortogonal de OD sobre la recta OA, por lo que $OC \cong OC'$:

$$\Rightarrow AC = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}} \approx OC' - OA = AB' + B'C' = RI \cos \varphi + XI \cos(90 - \varphi) = RI \cos \varphi + XI \text{sen} \varphi$$

$$\Rightarrow \Delta U \approx \sqrt{3}(RI \cos \varphi + XI \text{sen} \varphi)$$

Para cables de sección menor a 25mm^2 y $\cos \varphi$ cercanos a 1, $R \cos \varphi \gg X \text{sen} \varphi$ y la expresión anterior admite una versión simplificada:

$$\Rightarrow \Delta U \approx \sqrt{3}RI \cos \varphi$$

$$\text{Para ese caso, } P = \sqrt{3}U_2 I \cos \varphi \Rightarrow \sqrt{3}I \cos \varphi = \frac{P}{U_2} \Rightarrow \Delta U \approx \frac{RP}{U_2}$$

$$\text{A su vez, } R = \frac{l}{\sigma S} \Rightarrow \Delta U \approx \frac{Pl}{\sigma S U_2} \Rightarrow S \approx \frac{Pl}{\sigma U_2 \Delta U}$$

Considerando $U_1 = U_n$, tensión nominal del sistema y recordando que $\Delta U = U_1 - U_2 = U_n - U_2 \Rightarrow U_2 = U_n - \Delta U$ se obtiene la expresión:

$$S = \frac{Pl}{\sigma(U_n - \Delta U)\Delta U}$$

Si además se aproxima $U_2 \cong U_n$ lo que es equivalente a despreciar ΔU frente a U_n , se obtiene:

$$S = \frac{Pl}{\sigma U_n \Delta U}$$

Esta es la fórmula aproximada para calcular caídas de tensión establecida en el Reglamento de UTE.

En todos los casos, la elección de la sección a utilizar deberá necesariamente considerar las secciones de fabricación estándar suministradas por los fabricantes de cable, por lo que no siempre se podrá tener la sección exactamente calculada y deberá recurrirse a la sección estándar inmediatamente superior a la calculada.

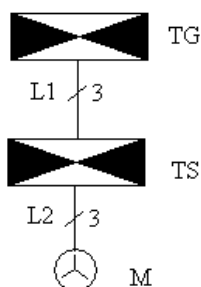
2.6.2. Caída de tensión en circuitos monofásicos

La expresión simplificada anterior se reduce en el caso de circuitos monofásicos a:

$$S = \frac{2Pl}{\sigma U_n \Delta U}$$

2.6.3. Caída de tensión acumulada

Cuando una carga se encuentra conectada a la alimentación a través de distintos tableros (en el diagrama adjunto se muestra un ejemplo), la caída de tensión en bornes del receptor tiene la siguiente expresión:



$$\Delta U = |\overline{U_{TG}}| - |\overline{U_M}|$$

$$\Rightarrow \Delta U = |\overline{U_{TG}}| - |\overline{U_{TS}}| + |\overline{U_{TS}}| - |\overline{U_M}|$$

$$\Rightarrow \Delta U = \Delta U_{L1} + \Delta U_{L2}$$

Es decir, la caída de tensión en bornes del receptor M resulta de la suma de las caídas de tensión parciales TG-TS, TS-M.

Es por esto que a veces se utiliza como criterio de diseño, por ejemplo cuando el requerimiento de caída de tensión es <3%, una caída de tensión de 2% en las líneas generales, reservando el 1% adicional para las líneas terminales.

2.7. Verificar el cumplimiento de las secciones mínimas exigidas

La norma IEC 60364 “Instalaciones eléctricas en edificios” establece en su tabla 52-5, adjunta, la sección mínima que deben tener los conductores de línea por razones mecánicas.

Tipos de sistemas de canalizaciones		Uso del circuito	Conductor	
			Material	Sección nominal mm ²
Instalaciones fijas	Cables y conductores aislados	Circuitos de potencia e iluminación	Cobre	1.5
		Circuitos de control y señalización	Cobre	0.5
	Conductores desnudos	Circuitos de potencia e iluminación	Cobre	10
		Circuitos de control y señalización	Aluminio	16
Conexiones flexibles con conductores aislados o cables.		Para un aparato específico	Cobre	De acuerdo a la aplicación
		Para cualquier aplicación		0.75
		Circuitos de pequeñas tensiones p/aplicaciones especiales.		0.75

Tabla 20: Secciones mínimas de conductores criterios mecánicos.

El neutro deberá tener la misma sección que los conductores activos en los siguientes casos:

- En circuitos monofásicos de dos hilos de cualquier sección.
- En circuitos trifásicos de cuatro hilos cuando los conductores activos tengan secciones menores o iguales a 16mm² en Cu o 25mm² en Al.

Para circuitos trifásicos de cuatro hilos con conductores activos de sección mayor a 16mm^2 en Cu o 25mm^2 en Al, el neutro podrá tener una sección menor siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- La corriente de neutro prevista (incluyendo armónicos) en servicio normal sea menor a la máxima capacidad de corriente de la sección que se coloque.
- El neutro se encuentre protegido contra sobrecorrientes.
- La sección mínima del conductor neutro sea por lo menos 16mm^2 en Cu y 25mm^2 en Al.

El reglamento de UTE establece secciones mínimas requeridas dependiendo de la aplicación:

- Líneas repartidoras: 6mm^2
- Iluminación residencial: 0.75mm^2
- 1 solo tomacorriente: 1mm^2
- Tomacorrientes en salto: 1.5mm^2

3. BIBLIOGRAFÍA

- Norma IEC 60364-5-52: 2001: *“Instalación eléctrica en edificios”*:
 - 5-52 *“Selección e instalación de materiales eléctricos – Canalizaciones”*.
- Norma NFC 15-100-2-26: 1990: *“Instalaciones eléctricas de BT”*:
 - 2-26 *“Definiciones – Términos relativos a las canalizaciones”*.
 - 5-52 *“Selección e instalación de materiales eléctricos – Canalizaciones”*.
- Reglamento de BT de UTE
- *“Instalaciones Eléctricas”* – Ademaro A.M.B Cotrim
- Norma UNIT – IEC 227-1: *“Cables con aislamiento de PVC para tensión nominal 450/750V. Parte 1: Requisitos generales”*.
- Norma UNIT – IEC 227-3: *“Cables con aislamiento de PVC para tensión nominal 450/750V. Parte 3: Cables sin cubierta para instalaciones fijas”*.
- Norma UNIT – IEC 227-4: *“Cables con aislamiento de PVC para tensión nominal 450/750V. Parte 4: Cables con cubierta para instalaciones fijas”*.
- Norma UNIT – IEC 227-5: *“Cables con aislamiento de PVC para tensión nominal 450/750V. Parte 5: Cables flexibles (cordones)”*.
- Norma UNIT-IEC 228: *“Conductores para cables eléctricos aislados”*.
- Norma UNIT-IEC614-1: *“Conductos para instalaciones eléctricas – requisitos generales”*.
- Catálogo IMSA – Capítulo técnico.