

6 Selección e instalación de los componentes

6.1 Requisitos comunes a todos los componentes de la instalación

6.1.1 Generalidades

Los componentes deben ser seleccionados e instalados de forma a satisfacer los requisitos enunciados en esta sección, así como los requisitos aplicables de las otras secciones de esta Norma.

6.1.2 Conformidad con las normas

6.1.2.1 Los componentes de la instalación deben satisfacer las normas paraguayas que les sean aplicables y, a falta de estas, las normas internacionales (IEC e ISO), regionales (COPANT y AMN) y extranjeras reconocidas (ABNT, IRAM, UNIT, entre otras)

6.1.2.2 A falta de estas, los componentes deben ser seleccionados mediante acuerdo especial entre el responsable por la obra en la cual la instalación eléctrica se inserte y el responsable por la instalación eléctrica.

6.1.3 Condiciones de servicio e influencias externas

6.1.3.1 Condiciones de servicio

6.1.3.1.1 Tensión

Los componentes deben ser adecuados a la tensión nominal (valor eficaz en corriente alterna) de la instalación. Si, en el esquema IT, el conductor neutro fuese distribuido, los componentes conectados entre una fase y el neutro deben ser aislados para la tensión entre fases.

NOTA Para ciertos componentes puede ser necesario considerar la tensión más alta o la más baja que pueda ocurrir en régimen normal.

6.1.3.1.2 Corriente

Los componentes deben ser seleccionados considerando la corriente de proyecto (valor eficaz en corriente alterna) que debe recorrerlos en servicio normal. Debe igualmente considerarse la corriente susceptible de recorrerlos en condiciones anormales, llevando en consideración la duración del paso de esa corriente, en función de las características de actuación de los dispositivos de protección.

6.1.3.1.3 Frecuencia

Si la frecuencia tuviere influencia sobre las características de los componentes, la frecuencia nominal del componente debe corresponder a frecuencia de la corriente en el circuito pertinente.

6.1.3.1.4 Potencia

Los componentes seleccionados siguiendo sus características de potencia deben ser adecuados a las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta el régimen de funcionamiento a que ellos deben ser sometidos.

6.1.3.1.5 Compatibilidad

A menos que la instalación de los componentes sea acompañada de medidas compensatorias adecuadas, su selección debe ser tal que ello no cause, en servicio normal, incluyendo maniobras, efectos perjudiciales a los demás componentes ni comprometan el buen desempeño de la alimentación.

6.1.3.2 Influencias externas

6.1.3.2.1 Los componentes de la instalación deben ser seleccionados e instalados de acuerdo con los requisitos de la tabla 32. Esta tabla indica las características de los componentes en función de las influencias externas a que están sujetos (ver 4.2.6). Las características de los componentes son determinadas por un grado de protección o de conformidad a ensayos.

6.1.3.2.2 Cuando un componente no posea características constructivas compatibles con las influencias

externas presentes en el local, el mismo puede ser utilizado bajo las condiciones que le sean proveídas, en la ejecución de la instalación, con una protección complementaria apropiada. Esta protección no debe afectar las condiciones de funcionamiento del componente.

6.1.3.2.3 Cuando diferentes influencias externas ocurriesen simultáneamente, sus efectos pueden ser independientes o mútuos y los grados de protección deben ser escogidos adecuadamente.

6.1.3.2.4 La elección de las características de los componentes en función de las influencias externas es necesaria no solamente para su funcionamiento correcto, así como también para garantizar la confiabilidad de las medidas de protección especificadas en esta Norma. Las medidas de protección asociadas a la construcción del componente son válidas para dadas condiciones de influencias externas solamente si los ensayos respectivos previstos en las normas del componente fuesen realizados bajo tales condiciones.

NOTAS

1 Para efectos de esta Norma, son consideradas “normales” las siguientes clases de influencias externas:

- AA (temperatura ambiente): AA4;
- AB (Humedad atmosférica): AB4;
- otras condiciones ambientales (AC a LAS): XX1 de cada parámetro;
- condiciones de utilización y de construcción de las edificaciones (B y C): XX1 de cada parámetro, excepto en el caso del parámetro BC, que es BC2.

2 La palabra “normal” que aparece en la tercera columna de la tabla 32 significa que un componente que atienda a los requisitos de las normas técnicas aplicables, dentro de las condiciones de funcionamiento por ellas definidas como normales, reúne las características necesarias para operar satisfactoriamente bajo las influencias externas descritas.

Tabla 32 — Características de los componentes de la instalación en función de las influencias externas

Código	Influencias externas		Características exigidas para selección e instalación de los componentes		Referencias		
A - Condiciones ambientales (4.2.6.1)							
AA - Temperatura ambiente (4.2.6.1.1)							
	Rangos de temperatura						
	Limite inferior °C	Limite superior °C					
AA1	- 60	+ 5	} Componentes proyectados especialmente para la aplicación o medidas adecuadas ¹⁾				
AA2	- 40	+ 5					
AA3	- 25	+ 5					
AA4	- 5	+ 40	Normal (en ciertos casos pueden ser necesarias precauciones especiales)				
AA5	+ 5	+ 40	Normal				
AA6	+ 5	+ 60	Componentes proyectados especialmente para la aplicación o medidas adecuadas ¹⁾				
AA7	- 25	+ 55	} Componentes proyectados especialmente para la aplicación o medidas adecuadas ¹⁾				
AA8	- 50	+ 40					
AB - Condiciones climáticas del ambiente (4.2.6.1.2)							
	Temperatura del aire °C		Humedad relativa %		Humedad absoluta g/m ³		
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	
AB1	- 60	+ 5	3	100	0,003	7	Requiere medidas adecuadas ²⁾
AB2	- 40	+ 5	10	100	0,1	7	Requiere medidas adecuadas ²⁾
AB3	- 25	+ 5	10	100	0,5	7	Requiere medidas adecuadas ²⁾

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas		Características exigidas para Selección e instalación de los componentes		Referencias		
AB ± Condiciones climáticas del ambiente (4.2.6.1.2)							
AB4	- 5	+40	5	95	1	29	Normal
AB5	+ 5	+40	5	85	1	25	Normal
AB6	+ 5	+60	10	100	1	35	Requiere medidas adecuadas ²⁾
AB7	- 25	+55	10	100	0,5	29	Requiere medidas adecuadas ²⁾
AB8	- 50	+40	15	100	0,04	36	Requiere medidas adecuadas ²⁾
AC - Altitude (4.2.6.1.3)							

AC1	$\leq 2\ 000\ m$	Normal	
AC2	$> 2\ 000\ m$	Pueden ser necesarias precauciones especiales, como la aplicación de factores de corrección NOTA Para ciertos componentes pueden ser necesarias medidas especiales a partir de 1 000 m)	
AD - Presencia de agua (4.2.6.1.4)			
AD1	Despreciable	IPX0	
AD2	Goteo	IPX1 o IPX2	
AD3	Precipitación	IPX3	
AD4	Aspersión	IPX4	
AD5	Chorros	IPX5	
AD6	Olas	IPX6	
AD7	Inmersión	IPX7	
AD8	Sumersión	IPX8	
AE - Presencia de cuerpos sólidos (4.2.6.1.5)			
AE1	Despreciable	IP0X	
AE2	Pequeños objetos (2,5 mm)	IP3X	
AE3	Objetos muy pequeños (1 mm)	IP4X	
AE4	Polvo leve	IP5X caso en que la penetración de polvo no perjudique el funcionamiento del componente	
AE5	Polvo moderado		
AE6	Polvo intenso	IP6X caso en que el polvo no debe penetrar en el componente IP6X	

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para la selección e instalación de los componentes	Referencias
AF - Presencia de sustancias corrosivas o poluyentes (4.2.6.1.6)			
AF1	Despreciable	Normal	
AF2	Agentes atmosféricos	Conforme a la naturaleza de los agentes	
AF3	Intermitente	Protección contra corrosión definida por las especificaciones de los componentes	
AF4	Permanente	Componentes especialmente concebidos, conforme a la naturaleza de los agentes	
AG - Choques mecánicos (4.2.6.1.7)			
AG1	Debiles	Normal. Por ejemplo, componentes para uso doméstico y análogo	IEC 60721-3-3:2002, clases 3M1/3M2/3M3 e IEC 60721-3-4:1987, clases 4M1/4M2/4M3
AG2	Medios	Componentes para uso industrial, cuando aplicable, o protección reforzada	IEC 60721-3-3:2002, clases 3M4/3M5/3M6 e IEC 60721-3-4:1987, clases 4M4/4M5/4M6
AG3	Severos	Protección reforzada	IEC 60721-3-3:2002, clases 3M7/3M8 e IEC 60721-3-4:1987, clases 4M7/4M8
AH - Vibraciones (4.2.6.1.7)			
AH1	Debiles	Normal	
AH2	Medias	Componentes proyectados especialmente para la aplicación, o medidas adecuadas ¹⁾	
AH3	Severas		
AK - Presencia de vegetacion o moho (4.2.6.1.8)			
AK1	Despreciable	Normal	
AK2	Perjudicial	Protecciones especiales, tales como: - grado de protección aumentado (ver AE) - componentes especiales o revestimientos protegiendo las protecciones - medidas para evitar la presencia de vegetacion	

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
AL - Presencia de fauna (4.2.6.1.9)			
AL1	Despreciable	Normal	
AL2	Perjudicial	La protección puede comprender: - grado de protección adecuada contra la penetración de cuerpos sólidos (ver AE) - resistencia mecánica suficiente (ver AG) - precauciones para evitar la presencia de fauna (como limpieza, uso de pesticidas) - componentes especiales o revestimientos protegiendo las coberturas	
AM - Influencias eletromagnéticas, eletrostáticas o ionizantes (4.2.6.1.10)			
AM1 - Armónicas e inter-Armónicas (4.2.6.1.10)			
AM1-1	Nivel controlado	Deben ser tomadas precauciones para que la situación controlada no sea perjudicada	Inferior a la tabla 1 de la IEC 61000-2-2:2002
AM1-2	Nivel normal	Medidas especiales del proyecto de la instalación, tales como filtros	De acuerdo con a tabla 1 de la IEC 61000-2-2:2002
AM1-3	Nivel alto		Localmente superior a la tabla 1 de la IEC 61000-2-2:2002
AM2 - Tensiones de señalización (4.2.6.1.10)			
AM2-1	Nivel controlado	Circuitos de bloqueo, por ejemplo	Inferior a los especificados abajo
AM2-2	Nivel medio	Sin requisitos adicionales	IEC 61000-2-1 e IEC 61000-2-2
AM2-3	Nivel alto	Requiere medidas adecuadas	
AM3 - Variaciones de amplitud de la tensión (4.2.6.1.10)			
AM3-1	Nivel controlado		
AM3-2	Nivel normal	Ver 5.4 y 5.5	
AM4 - Desequilibrio de tensión (4.2.6.1.10)			
AM4	Nivel normal		De acuerdo con la IEC 61000-2-2
AM5 - Variaciones de frecuencia (4.2.6.1.10)			
AM5	Nivel normal		± 1 Hz de acuerdo con a IEC 61000-2-2

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
AM6 - Tensiones inducidas de baja frecuencia (4.2.6.1.10)			
AM6	Sin clasificación	Ver 5.4.3 Alta soportabilidad de los sistemas de señalización y comando de dispositivos de maniobra	ITU-T
AM7 - Componentes continuas en redes c.a. (4.2.6.1.10)			
AM7	Sin clasificación	Medidas para limitar su nivel y duración en los equipamientos de utilización o en sus proximidades	
AM8 - Campos magnéticos radiados (4.2.6.1.10)			
AM8-1	Nivel medio	Normal	Nivel 2 de la IEC 61000-4-8:2001
AM8-2	Nivel alto	Protección por medidas adecuadas, tales como blindaje y/o separación	Nivel 4 de la IEC 61000-4-8:2001
AM9 - Campos eléctricos (4.2.6.1.10)			
AM9-1	Nivel despreciable	Normal	IEC 61000-2-5
AM9-2	Nivel medio	Ver IEC 61000-2-5	
AM9-3	Nivel alto	Ver IEC 61000-2-5	
AM9-4	Nivel muy alto	Ver IEC 61000-2-5	
AM21 - Tensiones o corrientes inducidas oscilantes (4.2.6.1.10)			
AM21	Sin clasificación	Normal	IEC 61000-4-6
AM22 - Transitorios unidireccionales conducidos, en el orden del nanosegundo (4.2.6.1.10)			
AM22-1	Nivel despreciable	Requiere medidas de protección (ver 4.2.6.1.10)	Nivel 1 de la IEC 61000-4-4:2004
AM22-2	Nivel medio	Requiere medidas de protección (ver 4.2.6.1.10)	Nivel 2 de la IEC 61000-4-4:2004
AM22-3	Nivel alto	Equipamiento normal	Nivel 3 de la IEC 61000-4-4:2004
AM22-4	Nivel muy alto	Equipamiento de alta inmunidad	Nivel 4 de la IEC 61000-4-4:2004
AM23 - Transitorios unidireccionales conducidos, en el orden del microsegundo al milisegundo (4.2.6.1.10)			
AM23-1	Nivel controlado	Soportabilidad a impulsos de los componentes y protección contra sobretensiones, teniendo en cuenta la tensión nominal de la instalación y la categoría de soportabilidad, de acuerdo con 5.4.2	4.2.6.1.12, 5.4.2 y 6.3.5
AM23-2	Nivel medio		
AM23-3	Nivel alto		

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
AM24 - Transitorios oscilantes conducidos (4.2.6.1.10)			
AM24-1	Nivel medio	Ver IEC 61000-4-12	IEC 61000-4-12
AM24-2	Nivel alto	Ver IEC 60255-22-1	IEC 60255-22-1
AM25 - Fenomenos radiados de alta frecuencia (4.2.6.1.10)			
AM25-1	Nivel despreciable	Normal	Nivel 1 de la IEC 61000-4-3:2002
AM25-2	Nivel medio		Nivel 2 de la IEC 61000-4-3:2002
AM25-3	Nivel alto		Nivel reforzado
AM31 - Descargas electrostáticas (4.2.6.1.10)			
AM31-1	Nivel bajo	Normal	Nivel 1 de la IEC 61000-4-2:2001
AM31-2	Nivel medio	Normal	Nivel 2 de la IEC 61000-4-2:2001
AM31-3	Nivel alto	Normal	Nivel 3 de la IEC 61000-4-2:2001
AM31-4	Nivel muy alto	Reforzada	Nivel 4 de la IEC 61000-4-2:2001
AM41 - Radiaciones ionizantes (4.2.6.1.10)			
AM41-1	Sin clasificación	Protecciones especiales, tales como distanciamiento de la fuente, interposicion de blindajes, cobertura de materiales especiales	
AN - Radiacion solar (4.2.6.1.11)			
AN1	Despreciable	Normal	IEC 60721-3-3
AN2	Media	Requiere medidas adecuadas ²⁾	IEC 60721-3-3
AN3	Alta	Requiere medidas adecuadas ²⁾ , tales como: <ul style="list-style-type: none"> • componentes resistentes a la radiacion ultravioleta • revestimientos de colores especiales • interposicion de resguardo o proteccion solar 	IEC 60721-3-4
AQ - Descargas atmosféricas (4.2.6.1.12)			
AQ1	Despreciables	Normal	
AQ2	Indirectas	Ver 5.4.2 y 6.3.5	
AQ3	Directas	Ver 5.4.2 y 6.3.5 Cuando es aplicable, la protección contra descargas atmosféricas debe ser conforme ABNT NBR 5419	

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
AR – Flujo de aire (4.2.6.1.13)			
AR1	Despreciable	Normal	
AR2	Media	Requiere medidas adecuadas ²⁾	
AR3	Fuerte	Requiere medidas adecuadas ²⁾	
AS - Viento (4.2.6.1.14)			
AS1	Despreciable	Normal	
AS2	Medio	Requiere medidas adecuadas ²⁾	
AS3	Fuerte	Requiere medidas adecuadas ²⁾	
B - Utilización (4.2.6.2)			
BA - Competencia de personas (4.2.6.2.1)			
BA1	Comunes	Normal	
BA2	Niños	Componente con grado de protección superior a IP2X Componentes con temperaturas de superficie externa superiores a 80°C (60°C para guarderías y locales similares) deben ser inaccesibles	
BA3	Con capacidades disminuídas	Conforme a la naturaleza de la deficiencia	
BA4	Prevenidas	Componentes no protegidos contra contactos directos solamente admitidos en locales de acceso restringido a personas debidamente autorizadas	
BA5	Calificadas		
BB - Resistencia eléctrica del cuerpo humano (4.2.6.2.2)			
BB1	Alta	Normal	
BB2	Normal	Normal	
BB3	Baja	Medidas de protección adecuadas (ver 5.1, sección 9 y anexo C)	
BB4	Muy baja	Medidas de protección adecuadas (ver 5.1, sección 9 y anexo C)	
BC - Contactos de las personas con el potencial de tierra (4.2.6.2.3)			
BC1	Nulo	Condición excepcional, no se considerada, en la práctica, para selección de los componentes.	IEC 61140:2001
BC2	Raros	Componentes clases I, II y III	
BC3	Frecuente	Componentes clases I, II y III	
BC4	Contínuo	Medidas especiales	

Tabla 32 (continuación)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
BD – Salida de emergencia para personas (4.2.6.2.4)			
BD1	Normal	Normal Ver 5.2.2.2	
BD2	Larga		
BD3	Desordenada		
BD4	Larga y desordenada		
BE – Naturaleza de los materiales procesados o almacenados (4.2.6.2.5)			
BE1	Riesgos despreciables	Normal	5.2.2.3
BE2	Riesgos de incendio	Componentes constituidos de materiales no propagantes de llama. Precauciones para que una elevación significativa de la temperatura o una chispa en el componente no pueda provocar incendio externamente	
BE3	Riesgos de explosión	Componentes adecuados para atmosferas explosivas	
BE4	Riesgos de contaminación	Medidas adecuadas, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • protección contra fragmentos de lámparas y de otros objetos frágiles • protección contra radiaciones perjudiciales, como infrarroja y ultravioleta 	
C - Construcción de las edificaciones (4.2.6.3)			
CA - Materiales de construcción (4.2.6.3.1)			
CA1	No-combustibles	Normal	
CA2	Combustibles	Ver 5.2.2.4	
CB - Estructura de las edificaciones (4.2.6.3.2)			
CB1	Riesgos despreciables	Normal	
CB2	Sujetas a propagación de incendio	<p>NOTA Componentes constituidos de materiales no-propagantes de llama, incluso de origen no eléctrico. Barreras corta-fuego</p> <p>NOTA Pueden ser previstos detectores de incendio.</p>	5.2.2.5

Tabla 32 (termino)

Código	Influencias externas	Características exigidas para selección e instalación de los componentes	Referencias
CB - Estructura de las edificaciones (4.2.6.3.2)			
CB3	Sujetas a movimiento	Juntas de dilatacion en las lineas eléctricas	
CB4	Flexibles o inestables	(en estudio)	
¹⁾ Pueden ser necesarias precauciones suplementarias (por ejemplo, lubricacion especial). ²⁾ Medidas especiales deben ser acordadas entre el proyectista de la instalación y el fabricante del componente, por ejemplo, componentes especialmente concebidos para la aplicacion.			

6.1.4 Accesibilidad

Los componentes, inclusive los circuitos eléctricos, deben ser dispuestos de modo a facilitar su operación, inspección, mantenimiento y el acceso a sus conexiones. El acceso no debe quedar significativamente reducido luego del montaje de los componentes en las cajas o alojamientos.

6.1.5 Identificación de los componentes

6.1.5.1 Generalidades

Placas, etiquetas y otros medios adecuados de identificación deben permitir identificar la finalidad de los dispositivos de comando, maniobra y/o protección, a menos que no exista ninguna posibilidad de confusión. Si la actuación de un dispositivo de comando, maniobra y/o protección no pudiera ser observada por el operador y eso pudiera significar un riesgo, debe ser proveída alguna señalización a la vista del operador.

6.1.5.2 Lineas eléctricas

Las lineas electricas deben ser dispuestas o marcadas de modo a permitir su identificación durante la realización de verificaciones, ensayos, reparaciones o modificaciones en la instalación.

6.1.5.3 Conductores

6.1.5.3.1 Cualquier conductor aislado, cable unipolar o vena de cable multipolar utilizado como conductor neutro debe ser identificado conforme esa función. En caso de identificación por color, debe ser usado el color celeste en la aislación del conductor aislado o de la vena de cable multipolar, o en la cobertura del cable unipolar.

NOTA La vena con aislación de color celeste de un cable multipolar puede ser usado para otras funciones, que no sea la de conductor neutro, si el circuito no posee conductor neutro o si el cable posee un conductor periférico utilizado como neutro.

6.1.5.3.2 Cualquier conductor aislado, cable unipolar o vena de cable multipolar utilizado como conductor de protección (PE) debe ser identificado de acuerdo con esa función. En caso de identificación por color, debe ser usada la doble coloración verde-amarillo (color exclusivo de la función de protección), en la aislación del conductor aislado o de la vena del cable multipolar, o en la cobertura de cable unipolar.

6.1.5.3.3 Cualquier conductor aislado, cable unipolar o vena de cable multipolar utilizado como conductor PEN debe ser identificado de acuerdo con esa función. En caso de identificación por color, debe ser usado el color celeste, con anillos verde-amarillo en los puntos visibles o accesibles, en la aislación del conductor aislado o de la vena del cable multipolar, o en la cobertura del cable unipolar.

6.1.5.3.4 Cualquier conductor aislado, cable unipolar o vena de cable multipolar utilizado como conductor de fase debe ser identificado de acuerdo con esa función. En caso de identificación por color, puede ser usado cualquier color, observadas las restricciones establecidas en 6.1.5.3.1, 6.1.5.3.2 y 6.1.5.3.3.

NOTA Por razones de seguridad, no debe ser usado el color de aislación exclusivamente amarillo donde exista el riesgo de confusión con la doble coloración verde-amarillo, colores exclusivos del conductor de protección.

6.1.5.4 Dispositivos de protección

Los dispositivos de protección deben ser dispuestos e identificados de forma que sea fácil reconocer los respectivos circuitos protegidos.

6.1.6 Independencia de los componentes

6.1.6.1 Los componentes deben ser escogidos y dispuestos de modo a impedir cualquier influencia perjudicial entre las instalaciones eléctricas y las instalaciones no-eléctricas, así como entre las instalaciones eléctricas de energía y de señal de la edificación.

6.1.6.2 Cuando los componentes a ser agrupados, en un tablero de distribución, panel, mesa de comando o conjunto similar, compusieran partes sobre diferentes tensiones o recorridas por corrientes de naturaleza distinta, debe ser tenida en cuenta, entre los componentes de esos diferentes subsistemas, una separación capaz de evitar cualquier influencia mútua perjudicial.

6.1.7 Compatibilidad eletromagnética

6.1.7.1 Los niveles de inmunidad de los componentes de la instalación deben ser especificados teniéndose en cuenta las influencias electromagnéticas (ver 4.2.6.1.10) que pueden ocurrir en funcionamiento normal. Se debe considerar también el nivel de continuidad del servicio previsto o deseado, atendiendo el uso de la instalación.

6.1.7.2 Deben ser seleccionados componentes con niveles de emisión suficientemente bajos, de modo que ellos no generen interferencias electromagnéticas, por conducción o por propagación en el aire, con otros componentes situados interna o externamente a la edificación. De ser necesario, deben ser proveídos medios de atenuación, a fin de reducir la emisión.

NOTA Las IEC/CISPR 11, IEC/CISPR 12, IEC/CISPR 13, IEC/CISPR 14, IEC/CISPR 15, IEC/CISPR 22 y la serie IEC 61000 determinan prescripciones relativas a la compatibilidad electromagnética que son, muchas de ellas, aplicables a componentes de instalaciones eléctricas.

6.1.8 Documentación de la instalación

6.1.8.1 La instalación debe ser ejecutada a partir del proyecto específico, que debe contener, como mínimo:

- a) planos;
- b) esquemas unifilares y otros, cuando sean aplicables;
- c) detalles de montaje, cuando sean necesarios;
- d) memoria descriptiva de la instalación;
- e) especificación de los componentes (descripción, características normales y normas que deben atender);
- f) parámetros de proyecto (corrientes de corto circuito, caída de tensión, factores de demanda considerados, temperatura ambiente etc.).

6.1.8.2 Después de concluida la instalación, la documentación indicada en 6.1.8.1 debe ser revisada y actualizada de forma a corresponder fielmente al que fue ejecutado (documentación "como construido", o "as built").

NOTA Esta actualización puede ser realizada por el proyectista, por el ejecutor o por otro profesional, conforme fuera acordado previamente entre las partes.

6.1.8.3 Las instalaciones para las cuales no se prevé equipo permanente de operación, supervisión y/o mantenimiento, compuesta por el personal prevenido o calificado (BA4 o BA5, tabla 18), deben ser entregadas acompañadas de un manual del usuario, redactado en un lenguaje accesible a lego, que contenga, como mínimo, los siguientes elementos:

- a) esquema(s) del(los) tableros(s) de distribución con indicación de los circuitos y respectivas finalidades, incluyendo relación de los puntos alimentados, en el caso de circuitos terminales;
- b) potencias máximas que pueden ser unidas en cada circuito terminal efectivamente disponible;
- c) potencias máximas previstas en los circuitos terminales dejados como reserva, cuando fuera el caso;
- d) recomendación explícita para que no sean cambiados, por tipos con características diferentes, los dispositivos de protección existentes en el o los tablero(s).

NOTA Son ejemplos de tales instalaciones las de unidades residenciales, de pequeños establecimientos comerciales, etc.

6.2 Selección e instalación de las líneas eléctricas

6.2.1 Generalidades

6.2.1.1 La selección y la instalación de líneas eléctricas deben tener en cuenta los principios fundamentales, enunciados en 4.1, que sean aplicables a los conductores, sus terminaciones y empalmes, a los soportes y suspensiones a ellos asociados y a sus coberturas o métodos de protección contra influencias externas.

6.2.1.2 Las prescripciones presentadas a continuación son aplicables, en particular, a los conductores activos (fases y neutro, en el caso de circuitos en corriente alterna). Sobre conductores de protección, ver 6.4.3.

6.2.2 Tipos de líneas eléctricas

6.2.2.1 Los tipos de líneas eléctricas están indicados en la tabla 33.

6.2.2.2 Otros tipos de líneas eléctricas, además de los que constan en la tabla 33, pueden ser utilizados, siempre que contemplen las prescripciones generales de esta sección.

6.2.2.3 Las líneas pre-fabricadas (barras blindadas) deben atender la IEC 60439-2, ser instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante y atender las prescripciones de 6.2.4, 6.2.7, 6.2.8 y 6.2.9.

6.2.3 Conductores

NOTA Como las prescripciones de esta Norma relativas a la selección e instalación de las líneas eléctricas están centradas especialmente para las líneas de energía, los conductores considerados son, portanto, conductores o cables de potencia. Así, para una orientación específica sobre cables de control, de instrumentación o para otras líneas eléctricas de señal, se recomienda la consulta a las normas aplicables a esos productos y a sus fabricantes. La misma observación es válida para los cables de potencia de uso específico, como los de conexión de equipamientos, incluyendo los de alta temperatura.

6.2.3.1 Todos los conductores deben estar provistos, como mínimo, de aislación, a no ser cuando el uso de conductores desnudos o provistos solamente de cobertura fuera expresamente permitido.

6.2.3.2 Los cables unipolares y multipolares deben atender las siguientes normas:

- a) los cables con aislación de EPR, la ABNT NBR 7286;
- b) los cables con aislación de XLPE, la ABNT NBR 7287;

c) los cables con aislación de PVC, la ABNT NBR 7288 o la ABNT NBR 8661.

NOTA Los cables de la Norma Paraguaya NP – NM 247-5 no son admitidos en las formas de instalar previstas en la tabla 33, teniendo en cuenta que tales cables se destinan solamente a la conexión de equipamientos.

6.2.3.3 Para los efectos de esta Norma, los conductores con aislación de XLPE que atiendan la ABNT NBR 7285, comprendiendo conductores aislados y cables preensamblados, son considerados cables unipolares y cables multipolares, respectivamente.

NOTA Aunque carecen de cobertura, tales conductores poseen un espesor de aislación suficiente para garantizar un resultado equivalente al de uno de doble capa, entendiéndose, aislación más cobertura.

6.2.3.4 Los conductores aislados con aislación de PVC de acuerdo con la NP – NM 247-3 deben ser no-propagantes de llama.

6.2.3.5 Los cables no-propagantes de llama, libres de halogeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos deben atender la ABNT NBR 13248.

NOTA Los cables no-propagantes de llama, libres de halogeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos pueden ser conductores aislados, cables unipolares y cables multipolares.

6.2.3.6 Los conductores de cobre sin aislación (hilos y cables desnudos o con cobertura protectora) deben atender la ABNT NBR 6524.

6.2.3.7 Los conductores utilizados en las líneas eléctricas deben ser de cobre o aluminio, siendo que, en el caso del empleo de conductores de aluminio, deben ser atendidas las prescripciones de 6.2.3.8.

6.2.3.8 El uso de conductores de aluminio solo es admitido en las condiciones establecidas en 6.2.3.8.1 y 6.2.3.8.2.

NOTA Las restricciones impuestas al uso de conductores de aluminio reflejen el estado actual de la técnica de conexiones en Paraguay. Soluciones técnicas de conexiones que atiendan las ABNT NBR 9313, ABNT NBR 9326 y ABNT NBR 9513, y que alteren aquellas restricciones, deben ser consideradas en una norma complementaria e incorporadas en el futuro a la presente.

6.2.3.8.1 En instalaciones de establecimientos industriales pueden ser utilizados conductores de aluminio, siempre que, simultáneamente:

- a) la sección nominal de los conductores sea igual o superior a 16 mm^2
- b) la instalación sea alimentada directamente por subestación de transformación o transformador, a partir de una red de alta tensión, o posea fuente propia, y
- c) la instalación y el mantenimiento sean realizados por personas calificadas (BA5, tabla 18).

6.2.3.8.2 En instalaciones de establecimientos comerciales pueden ser utilizados conductores de aluminio, siempre que, simultáneamente:

- a) la sección nominal de los conductores sea igual o superior a 50 mm^2 ,
- b) los locales sean exclusivamente BD1 (ver tabla 21) y
- c) la instalación y el mantenimiento sean realizadas por personas calificadas (BA5, tabla 18).

6.2.3.8.3 En locales BD4 (ver tabla 21) no está permitido, en ninguna circunstancia, el empleo de conductores de aluminio.

Tabla 33 - Tipos de líneas eléctricas

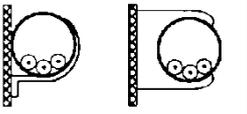
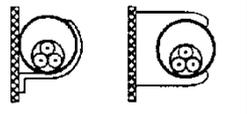
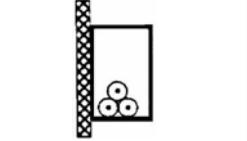
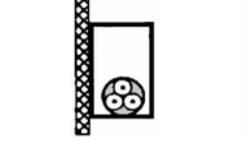
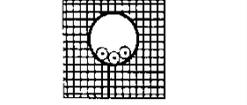
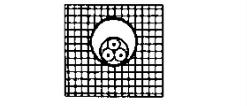
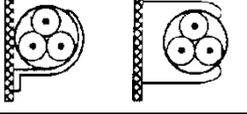
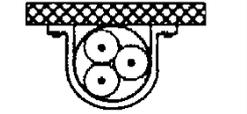
Numero de método de instalación	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
1		Conductores aislados o cables unipolares en electroducto de sección circular embutido en pared termicamente aislante ²⁾	A1
2		Cable multipolar en electroducto de sección circular embutido en pared termicamente aislante ²⁾	A2
3		Conductores aislados o cables unipolares en electroducto adosado de sección circular sobre pared o separado de ésta menos de 0,3 veces el diámetro del electroducto	B1
4		Cable multipolar en electroducto adosado de sección circular sobre pared o separado de ésta menos de 0,3 veces el diámetro del electroducto	B2
5		Conductores aislados o cables unipolares en electroducto, de sección no-circular, adosado a la pared	B1
6		Cable multipolar en electroducto, de sección no-circular, adosado a la pared	B2
7		Conductores aislados o cables unipolares en electroducto de sección circular embutido en la pared	B1
8		Cable multipolar en electroducto de sección circular embutido en la pared	B2
11		Cables unipolares o cable multipolar sobre pared separado de ésta menos de 0,3 veces el diámetro del cable	C
11A		Cables unipolares o cable multipolar fijado directamente al techo	C

tabla 33 (continuación)

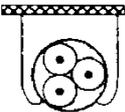
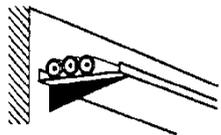
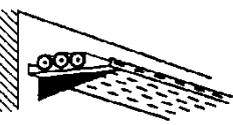
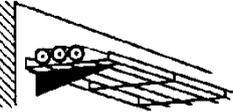
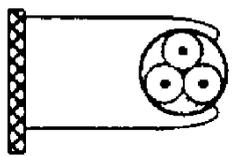
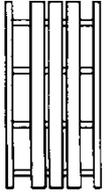
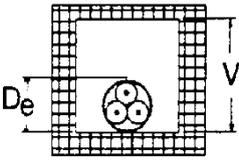
Método de instalación número	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
11B		Cables unipolares o cable multipolar separado del techo mas de 0,3 veces el diámetro del cable	C
12		Cables unipolares o cable multipolar en bandeja no perforada, perfilado o estante ³⁾	C
13		Cables unipolares o cable multipolar en bandeja perforada, horizontal o vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cables unipolares o cable multipolar sobre soportes horizontales, canaleta de alambre, varillas o tejido de alambre	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cables unipolares o cable multipolar separado(s) de la pared mas de 0,3 veces el diámetro del cable	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cables unipolares o cable multipolar en bandeja parrilla	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cables unipolares o cable multipolar suspendido(s) por cable de soporte, incorporado o no	E (multipolar) F (unipolares)
18		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores	G
21		Cables unipolares o cables multipolares en espacio de construcción ⁵⁾ , sean ellos lanzados directamente sobre la superficie del espacio de construcción, sean instalados en soportes o conductos abiertos (bandeja, estante, tejido o parrilla) dispuestos en el espacio de construcción ^{5) 6)}	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1

tabla 33 (continuación)

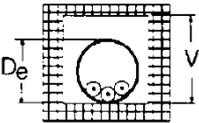
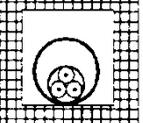
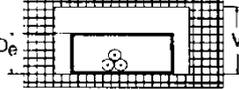
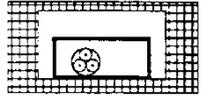
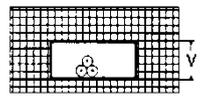
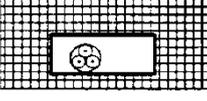
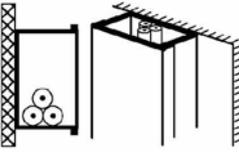
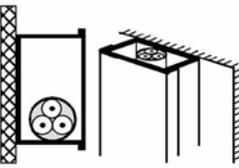
Método de instalación número	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
22		Conductores aislados en electroducto de sección circular en espacio de construcción ⁵⁾⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cables unipolares o cable multipolar en electroducto de sección circular en espacio de construcción ⁵⁾⁷⁾	B2
24		Conductores aislados en electroducto de sección no-circular o canaleta en espacio de construcción ⁵⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cables unipolares o cable multipolar en electroducto de sección no-circular o canaleta en espacio de construcción ⁵⁾	B2
26		Conductores aislados en electroducto de sección no-circular embutido en mampostería ⁶⁾	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cables unipolares o cable multipolar en electroducto de sección no-circular embutido en mampostería	B2
31 32		Conductores aislados o cables unipolares en canaleta adosada a la pared en recorrido horizontal o vertical	B1
31A 32B		Cable multipolar en canaleta adosada a la pared en recorrido horizontal o vertical	B2

tabla 33 (continuación)

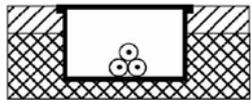
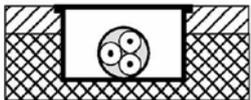
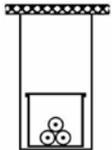
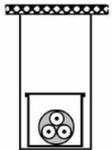
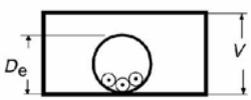
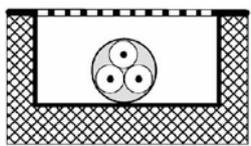
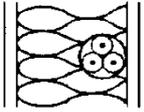
Método de instalación número	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
33		Conductores aislados o cables unipolares en canaleta cerrada embutida en el piso	B1
34		Cable multipolar en canaleta cerrada embutida en el piso	B2
35		Conductores aislados o cables unipolares en canaleta o perfilado suspendido(a)	B1
36		Cable multipolar en canaleta o perfilado suspendido(a)	B2
41		Conductores aislados o cables unipolares en electroducto de sección circular contenido en canaleta cerrada con recorrido horizontal o vertical ⁷⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Conductores aislados en electroducto de sección circular contenido en canaleta ventilada embutida en el piso	B1
43		Cables unipolares o cable multipolar en canaleta ventilada embutida en el piso	B1
51		Cable multipolar embutido directamente en pared termicamente aislante ²⁾	A1

tabla 33 (continuación)

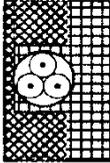
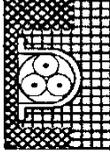
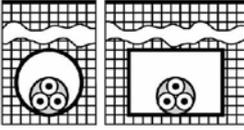
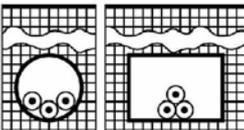
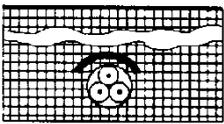
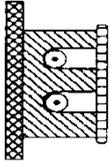
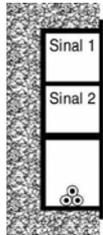
Método de instalación número	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
52		Cables unipolares o cable multipolar embutido(s) directamente en mampostería sin protección mecánica adicional	C
53		Cables unipolares o cable multipolar embutido(s) directamente en mampostería con protección mecánica adicional	C
61		Cable multipolar en electroducto (de sección circular o no) o en canaleta no-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cables unipolares en electroducto (de sección circular o no) o en canaleta no-ventilada enterrado(a) ⁸⁾	D
63		Cables unipolares o cable multipolar directamente enterrado(s), con protección mecánica adicional ⁹⁾	D
71		Conductores aislados o cables unipolares en moldura	A1
72 72A	 <p style="text-align: center;">72 72A</p>	<p>72 - Conductores aislados o cables unipolares en canaleta proveída de separaciones sobre pared</p> <p>72A - Cable multipolar en canaleta proveída de separaciones sobre pared</p>	B1 B2
73		Conductores aislados en electroducto, cables unipolares o cable multipolar embutido(s) en marco de puerta	A1

tabla 33 (continuación)

Método de instalación número	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
74		Conductores aislados en electroducto, cables unipolares o cable multipolar embutido(s) en marco de ventana	A1
75 75A	 75 75A	75 - Conductores aislados o cables unipolares en canaleta embutida en pared 75A - Cable multipolar en canaleta embutida en pared	B1 B2

- 1) Método de referencia a ser utilizado en la determinación de la capacidad de conducción de corriente. Ver 6.2.5.1.2.
- 2) Se asume que la cara interna de la pared presenta una conductancia térmica no inferior a $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
- 3) Se admiten también conductores aislados en perfilado, siempre que se cumplan las condiciones definidas en la nota de 6.2.11.4.1.
- 4) La capacidad de conducción de corriente para bandeja perforada fue determinada considerando que los agujeros ocupen como mínimo 30% del área de la bandeja. Si los agujeros ocupasen menos de 30% del área de la bandeja, ella debe ser considerada como "no-perforada".
- 5) Conforme la ABNT NBR IEC 60050 (826), los pozos, las galerías, los pisos técnicos, los conductos formados por bloques o paredes huecas, los cielorrasos, los pisos elevados y los espacios internos existentes en ciertos tipos de divisorias (como, por ejemplo, las paredes de yeso acartonado) son considerados espacios de construcción.
- 6) **De** es el diámetro externo del cable, en el caso de cable multipolar. En el caso de cables unipolares o conductores aislados, se distinguen dos situaciones :
- tres cables unipolares (o conductores aislados) dispuestos en trebol: **De** debe ser tomado igual a 2,2 veces el diámetro del cable unipolar o conductor aislado;
 - tres cables unipolares (o conductores aislados) agrupados en un mismo plano: **De** debe ser tomado igual a 3 veces el diámetro del cable unipolar o conductor aislado.
- 7) **De** es el diámetro externo del electroducto, cuando es de sección circular, o altura/profundidad del electroducto de sección no circular o de la canaleta.
- 8) Se admite también el uso de conductores aislados, siempre que se cumplan las condiciones definidas en la nota de 6.2.11.6.1.
- 9) Se admiten cables directamente enterrados sin protección mecánica adicional, siempre que esos cables sean proveídos de armadura (ver 6.2.11.6). Se debe notar, sin embargo, que esta Norma no proporciona valores de capacidad de conducción de corriente para cables armados. Tales capacidades deben ser determinadas como se indicada en la ABNT NBR 11301.

NOTA En líneas o tramos verticales, cuando la ventilación fuera restringida, se debe asistir para riesgo de aumento considerable de la temperatura ambiente en la parte superior del tramo vertical.

HASTA AQUÍ LECTURA DEL 06 DE NOVIEMBRE

6.2.4 Selección e instalación en función de las influencias externas

NOTA Las prescripciones relativas a la selección e instalación de los conductores eléctricos, desde el punto de vista de las influencias externas indicadas en 4.2.6, son presentadas en la tabla 34.

Tabla 34 — Selección e instalación de conductores eléctricos en función de las influencias externas

Código	Clasificación	Selección e instalación de los conductores electricos
A - Condiciones ambientales (4.2.6.1)		
AA - Temperatura ambiente (4.2.6.1.1)		
AA1	- 60°C - 5°C	<p>Para temperaturas inferiores a -10°C, los conductores o cables con aislación y/o cobertura de PVC, así como los conductos de PVC no deben ser manipulados ni sometidos a esfuerzos mecánicos, considerando que el PVC puede volverse quebradizo.</p> <p>Cuando la temperatura ambiente (o del suelo) fuera superior a los valores de referencia (20°C para líneas subterráneas y 30°C para las demas), las capacidades de conducción de corriente de los conductores y cables aislados deben ser reducidas de acuerdo con 6.2.5.3.3</p>
AA2	- 40°C - 5°C	
AA3	- 25°C - 5°C	
AA4	± 5°C + 40°C	
AA5	+ 5°C + 40°C	
AA6	+ 5°C + 60°C	
AA7	- 25°C + 55°C	
AA8	- 50°C + 40°C	
AC - Altitud (4.2.6.1.3) (sin influencia)		
AD - Presencia de agua (4.2.6.1.4)		
AD1	Despreciable	<p>El uso de molduras en madera solamente esta permitido en AD1</p> <p>En las condiciones AD3 a AD6 solamente deben ser usados conductores electricos con protección adicional a la penetración de agua, con los grados IP adecuados, en principio sin revestimiento metálico externo</p> <p>Los cables unipolares y multipolares dotados de cobertura extruida pueden ser usados en cualquier tipo de linea, aun con conductos metálicos</p> <p>Cables unipolares y multipolares con aistante resistente al agua (por ejemplo, EPR y XLPE)</p> <p>Cables especiales para uso sumergido</p>
AD2	Goteo	
AD3	Precipitación	
AD4	Asperción	
AD5	Chorros	
AD6	Olas	
AD7	Inmersión	
AD8	Sumersión	
AE - Presencia de cuerpos sólidos (4.2.6.1.5)		
AE1	Despreciable	<p>Ninguna limitación</p> <p>Ninguna limitación, siempre que no haya exposición a daños mecánicos</p> <p>Ninguna limitación</p> <p>Pueden ser necesarias precauciones para evitar que la deposición de polvo u otras sustancias llegue al punto de perjudicar la disipación térmica de los conductores electricos. Esto incluye la selección de un método de instalación que facilite la remoción del polvo</p>
AE2	Pequeños objetos	
AE3	Objetos muy pequeños	
AE4	Polvo escaso	
AE5	Polvo moderado	
AE6	Polvo intenso	
AF - Presencia de sustancias corrosivas o poluyentes (4.2.6.1.6)		
AF1	Despreciable	<p>Ninguna limitación</p> <p>Los conductores electricos deben ser protegidos contra corrosión o contra agentes químicos; los cables unipolares y multipolares con cobertura extruida son considerados adecuados; los conductores aislados solamente pueden ser usados en electroductos que presenten resistencia adecuada a los agentes presentes</p> <p>Solamente es admitido el uso de cables unipolares o multipolares adecuados a los agentes químicos presentes</p>
AF2	Atmosférica	
AF3	Intermitente	
AF4	Permanente	

tabla 34 (continuación)

Código	Clasificación	selección e instalación de los conductores electricos
AG - Esfuerzos mecánicos (4.2.6.1.7)		
AG1	Débiles	Ninguna limitación
AG2	Médios	Conductores con protección leve; los cables unipolares y multipolares usuales son considerados adecuados; los conductores aislados pueden ser usados en electroductos que atiendan las ABNT NBR 5624 y ABNT NBR 6150
AG3	Severos	Conductores con protección reforzada; los cables unipolares y multipolares provistos de armadura metálica son considerados adecuados; los conductores aislados pueden ser usados en electroductos que atiendan las ABNT NBR 5597 y ABNT NBR 5598
AH - Vibraciones (4.2.6.1.7)		
AH1	Débiles	Ninguna limitación
AH2	Médias	Pueden ser necesarios conductores flexibles
AH3	Severas	Solamente pueden ser utilizados conductores flexibles constituídos por cables unipolares o multipolares flexibles o conductores aislados flexibles en electroducto flexible
AK - Presencia de vegetación o moho (4.2.6.1.8)		
AK1	Despreciable	Ninguna limitación
AK2	Perjudicial	Debe ser evaluada la necesidad de ser utilizado: <ul style="list-style-type: none"> • cables provistos de armadura, y directamente enterrados • conductores aislados en conductos con grado de protección adecuado • materiales especiales o revestimiento adecuado protegiendo cables o electroductos
AL - Presencia de fauna (4.2.6.1.9)		
AL1	Despreciable	Ninguna limitación
AL2	Perjudicial	Lineas con protección especial. De existir riesgo debido a la presencia de roedores y termitas, debe ser usada una de las soluciones: <ul style="list-style-type: none"> • cables provistos de armadura • conductores aislados en conductos con grado de protección adecuado • materiales especialmente aditivados o revestimiento adecuado en cables o electroductos
AN - Radiación solar (4.2.6.1.11)		
AN1	Despreciable	Ninguna limitación
AN2	Media	Los cables al aire libre o en conductos abiertos deben ser resistentes a la intemperie. El aumento de la temperatura de la superficie de los conductores o cables debe ser tomada en cuenta en los cálculos de la capacidad de conducción de la corriente
AN3	Alta	
B - Utilización		
BA - Competencia de las personas (4.2.6.2.1)		(sin influencia)
BB - Resistencia eléctrica del cuerpo humano (4.2.6.2.2)		

BB1	Alta	Ninguna limitación Ver 5.1 y sección 9
BB2	Normal	
BB3	Baja	
BB4	Muy baja	

tabla 34 (conclusion)

Código	Clasificación	selección e instalación de los conductores electricos
BC - Contacto de las personas con el potencial de tierra (4.2.6.2.3)		
BC1	Nulo	Ninguna limitación Ver 5.1 e sección 9
BC2	Raro	
BC3	Frecuente	
BC4	Contínuo	
BD - salida de las personas en situaciones de emergencias (4.2.6.2.4)		
BD1	Normal	Ninguna limitación Ver 5.2.2.2
BD2	Larga	
BD3	Desordenada	
BD4	Larga y desordenada	
BE - Naturaleza de los materiales procesados o almacenados (4.2.6.2.5)		
BE1	Riesgos Despreciables	Ninguna limitación Ver 5.2.2.3 Conductores protegidos por elección adecuada en la manera a instalar (para BE3, ver ABNT NBR 9518)
BE2	Riesgos de incendio	
BE3	Riesgos de explosión	
BE4	Riesgos de contaminación	
C - Construcción de las edificaciones		
CA - Materiales de construcción (4.2.6.3.1)		
CA1	No-combustibles	Ninguna limitación Ver 5.2.2.4
CA2	Combustibles	
CB - Estructura de las edificaciones (4.2.6.3.2)		
CB1	Riesgos despreciables	Ninguna limitación Ver 5.2.2.5 Conductores flexibles o conteniendo juntas de dilatación y de expansión Conductores flexibles
CB2	Sujetas a propagación de incendio	
CB3	Sujetas a movimiento	
CB4	Flexibles	

6.2.5 Capacidades de conducción de corriente

6.2.5.1 Introducción

6.2.5.1.1 Las prescripciones de esta subsección son destinadas a garantizar una vida satisfactoria a los conductores y aislaciones sometidas a los efectos térmicos producidos por la circulación de corrientes equivalentes a sus capacidades de conducción de corriente durante periodos prolongados en servicio normal. Otras consideraciones intervienen en la determinación de la sección de los conductores, tales como la protección contra choques eléctricos (ver 5.1), protección contra efectos térmicos (ver 5.2), protección contra sobrecorrientes (ver 5.3), caída de tensión (ver 6.2.7), así como las temperaturas máximas admisibles por los terminales de los componentes de la instalación a los cuales los conductores son

conectados.

NOTA Son considerados en esta subsección los conductores aislados, cables unipolares y cables multipolares cuya tensión nominal no sea superior a 0,6/1 kV, excluidos los cables armados. Para cables armados, la capacidad de conducción de corriente debe ser determinada como se indica en la ABNT NBR 11301.

6.2.5.1.2 Los métodos de referencia son los métodos de instalación, indicados en la IEC 60364-5-52, para los cuales la capacidad de conducción de corriente fue determinada por ensayos o por cálculo. Son ellos:

- A1: conductores aislados en electroducto de sección circular embutido en pared termicamente aislante;
- A2: cable multipolar en electroducto de sección circular embutido en pared termicamente aislante;
- B1: conductores aislados en electroducto de sección circular sobre pared de madera;
- B2: cable multipolar en electroducto de sección circular sobre pared de madera;
- C: cables unipolares o cable multipolar sobre pared de madera;
- D: cable multipolar en electroducto enterrado en el suelo;
- E: cable multipolar al aire libre;
- F: cables unipolares contiguos (en la horizontal, en la vertical o en trebol) al aire libre;
- G: cables unipolares espaciados al aire libre.

NOTAS

1 En los métodos A1 y A2, la pared es formada por una cara externa impermeable, aislación térmica y una cara interna en madera o material análogo con conductancia térmica como mínimo de $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. El electroducto, metálico o de plástico, es fijado junto a la cara interna (no necesariamente en contacto físico con ella).

2 En los métodos B1 e B2, el electroducto, metálico o de plástico, es montado sobre una pared de madera, siendo la distancia entre el electroducto y la superficie de la pared inferior a 0,3 veces el diámetro del electroducto.

3 En el método C, la distancia entre el cable multipolar, o cualquier cable unipolar, y la pared de madera es inferior a 0,3 veces el diámetro del cable.

4 En el método D, el cable es instalado en electroducto (sea metálico, de plástico o de barro) enterrado en suelo con resistividad térmica de $2,5 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$, a una profundidad de 0,7 m.

5 En los métodos E, F y G, la distancia entre el cable multipolar o cualquier cable unipolar y cualquier superficie adyacente es como mínimo 0,3 veces el diámetro externo del cable, para el cable multipolar, o como mínimo una vez el diámetro del cable, para los cables unipolares.

6 En el método G, el espaciamiento entre los cables unipolares es como mínimo una vez el diámetro externo del cable.

Para cada método de instalación dado en la tabla 33 es indicado el método de referencia en el cual se encuadra, a ser utilizado para la obtención de la capacidad de conducción de corriente.

6.2.5.2 Generalidades

6.2.5.2.1 La corriente transportada por cualquier conductor, durante períodos prolongados en funcionamiento normal, debe ser tal que la temperatura máxima para servicio continuo dada en la tabla 35 no sea sobrepasada. La capacidad de conducción de corriente debe ser determinada conforme 6.2.5.2.2 o conforme 6.2.5.2.3.

Tabla 35 - Temperaturas características de los conductores

Tipo de aislación	Temperatura máxima para servicio continuo (conductor) °C	Temperatura límite de sobrecarga (conductor) °C	Temperatura límite de cortocircuito (conductor) °C
Policloruro de vinilo (PVC) hasta 300 mm ²	70	100	160
Policloruro de vinilo (PVC) mayor que 300 mm ²	70	100	140
Goma etileno propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

6.2.5.2.2 La prescripción de 6.2.5.2.1 se considera atendida si la corriente en los conductores no fuera superior a las capacidades de conducción de corriente adecuadamente obtenidas de las tablas 36 al 39, corregidas, si fuera el caso, por los factores indicados en las tablas 40 al 45.

NOTAS

1 Las tablas 36 a 39 proporcionan las capacidades de conducción de corriente para los métodos de referencia A1, A2, B1, B2, C, D, E, F y G descritos en 6.2.5.1.2, aplicables a diversos tipos de instalaciones, conforme se indica en la tabla 33.

2 Las capacidades de conducción de corriente dadas en las tablas 36 a 39 se refieren al funcionamiento continuo en régimen permanente (factor de carga 100%), en corriente continua o en corriente alterna con frecuencia de 50 Hz o 60 Hz.

6.2.5.2.3 Los valores de capacidad de conducción de corriente pueden también ser calculados como se indica en la ABNT NBR 11301. Dependiendo del caso, puede ser necesario tener en cuenta las características de la carga y, para los cables enterrados, la resistividad térmica real del suelo.

Tabla 36 - Capacidades de conducción de corriente, en amperios, para los métodos de referencia A1, A2, B1, B2, C y D

Conductores: cobre y aluminio
Aislación: PVC
Temperatura en el conductor: 70°C
Temperaturas de referencia del ambiente: 30°C (aire), 20°C (suelo)

Secciones nominales mm ²	Métodos de referencia indicados en la tabla 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de conductores cargados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258

240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Aluminio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Tabla 37 — Capacidades de conducción de corriente, en amperios, para los métodos de referencia A1, A2, B1, B2, C y D

Conductores: cobre y aluminio

Aislación: EPR o XLPE

Temperatura en el conductor: 90°C

Temperaturas de referencia del ambiente: 30°C (aire), 20°C (suelo)

Secciones nominales mm ²	Métodos de referencia indicados en la tabla 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de conductores cargados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596

800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Aluminio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Tabla 38 - Capacidades de conducción de corriente, en amperios, para los métodos de referencia E, F y G

Conductores: cobre y aluminio

Aislación: PVC

Temperatura del conductor: 70°C

Temperatura ambiente de referencia: 30°C

Secciones nominales de los conductores mm ²	Métodos de referencia indicados en la tabla 33						
	Cables multipolares		Cables unipolares ¹⁾				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados, contiguos	Tres conductores cargados, en trebol	Tres conductores cargados, en el mismo plano		
					Contiguos	Distanciados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070

800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
Aluminio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Tabla 38 (conclusión)

Secciones nominales de los conductores s mm^2	Métodos de referencia indicados en la tabla 33						
	Cables multipolares		Cables unipolares ¹⁾				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados, contiguo	Tres conductores cargados, en trebol	Tres conductores cargados, en el mismo plano		
					Contiguo	Distanciados	
							Horizontal
Método G					Método G		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Aluminio							
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

¹⁾ También, conductores aislados, cuando el método de instalación permita.

Tabla 39 — Capacidades de conducción de corriente, en amperios, para los métodos de referencia E, F y G

Conductores: cobre y aluminio

Aislación: EPR o XLPE

Temperatura no conductor: 90°C

Temperatura ambiente de referencia: 30°C

Secciones nominales de los conductores mm^2	Métodos de referencia indicados en la tabla 33						
	Cables multipolares		Cables unipolares ¹⁾				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados, contiguos	Tres conductores cargados, en trebol	Tres conductores cargados, en el mismo plano		
					Contiguos	Distanciados	
							Horizontal
Método G					Método G		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16

1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161

Tabla 39 (conclusión)

Secciones nominales de los conductores mm ²	Métodos de referencia indicados en la tabla 33						
	Cables multipolares		Cables unipolares ¹⁾				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados	Dos conductores cargados, contiguos	Tres conductores cargados, en trebol	Tres conductores cargados, en el mismo plano		
					Contiguos	Distanciados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849
Aluminio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

¹⁾ O, también, conductores aislados, cuando el método de instalación permite.

6.2.5.3 Temperatura ambiente

6.2.5.3.1 El valor de la temperatura ambiente a utilizar es el de la temperatura del medio circundante cuando el conductor considerado no estuviera cargado.

6.2.5.3.2 Los valores de capacidad de conducción de corriente proporcionados por las tablas 36 a 39 son referidos a una temperatura ambiente de 30°C para todos los tipos de instalaciones, excepto los conductores enterrados, cuyas capacidades son referidas a una temperatura (en el suelo) de 20°C.

6.2.5.3.3 Si los conductores fueran instalados en ambiente cuya temperatura difiera de los valores indicados en 6.2.5.3.2, su capacidad de conducción de corriente debe ser determinada, usándose las tablas 36 a 39, con la aplicación de los factores de corrección dados en la tabla 40.

NOTA Los factores de corrección de la tabla 40 no consideran el aumento de temperatura debido a la radiación solar o a otras radiaciones infrarrojas. Cuando los conductores fuesen sometidos a tales radiaciones, las capacidades de conducción de corriente deben ser calculadas por los métodos especificados en la ABNT NBR 11301.

Tabla 40 — Factores de corrección para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para líneas no-subterráneas y de 20°C (temperatura del suelo) para líneas subterráneas

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

6.2.5.4 Resistividad térmica del suelo

En las tablas 36 y 37, las capacidades de conducción de corriente indicadas para líneas subterráneas son válidas para una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Cuando la resistividad térmica del suelo fuera superior a 2,5 K.m/W, el caso de suelos muy secos, los valores indicados en las tablas deben ser adecuadamente reducidos, a menos que el suelo en la cercanía de los conductores sea sustituido por tierra o material equivalente con disipación térmica mas favorable. La tabla 41 proporciona factores de corrección para resistividades térmicas del suelo diferentes de 2,5 K.m/W.

NOTAS

- 1 El valor de 2,5 K.m/W es el recomendado por la IEC cuando el tipo de suelo y la localización geográfica no son especificados.
- 2 Los valores de capacidad de conducción de corriente indicados en las tablas 36 y 37 para líneas subterráneas se refieren solamente a metodos en el interior o en el entorno de las edificaciones. Para otras instalaciones, cuando fuera posible conocer valores mas precisos de la resistividad térmica del suelo, en función de la carga, los valores de capacidad de conducción de corriente pueden ser calculados por los métodos especificados en la ABNT NBR 11301.

Tabla 41— Factores de corrección para líneas subterráneas en suelo con resistividad térmica diferente de 2,5 K.m/W

Resistividad térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Factor de corrección	1,18	1,1	1,05	0,96
NOTAS				
1 Los factores de corrección dados son valores promedios para las secciones nominales indicadas en las tablas 36 y 37, con una dispersión generalmente inferior a 5%.				
2 Los factores de corrección son aplicables a cables en electroductos enterrados a una profundidad de hasta 0,80 m.				
3 Los factores de corrección para cables directamente enterrados son mas elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W y pueden ser calculados por los métodos indicados en la ABNT NBR 11301.				

6.2.5.5 Agrupamiento de circuitos

6.2.5.5.1 Los valores de capacidad de conducción de corriente proporcionados por las tablas 36 a 39 son válidos para el número de conductores cargados que se encuentra indicado en cada una de sus columnas. Para líneas eléctricas conteniendo un total de conductores superior a las cantidades indicadas en las tablas 36 a 39, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de cada circuito debe ser determinada, usandose las tablas 36 a 39, con la aplicación de los factores de corrección pertinentes dados en las tablas 42 a 45 (factores de agrupamiento).

NOTAS

- 1 Sobre el número de conductores cargados a ser considerado, por circuito, ver 6.2.5.6.
 - 2 Los factores de agrupamiento de las tablas 42 a 45 son aplicables a conductores con las mismas temperaturas máxima para servicio continuo. Para grupos conteniendo conductores con diferentes temperaturas máximas para servicio continuo, la determinación de la capacidad de conducción de corriente de los conductores, para todos los circuitos del grupo, debe ser basada en la temperatura máxima para servicio continuo del conductor considerado, pero menor que la temperatura máxima admisible en servicio continuo encontrada entre los conductores del grupo, acompañada de la aplicación del factor de agrupamiento utilizado.
- 6.2.5.5.2** Los conductores para los cuales se preve una corriente de proyecto no superior a 30% de su capacidad de conducción de corriente, ya determinada observandose el factor de agrupamiento utilizado, pueden ser desconsiderados para efecto de cálculo del factor de corrección aplicable al restante del grupo.

6.2.5.5.3 Las capacidades de conducción de corriente indicadas en las tablas 36 y 37 son válidas para formas de instalación que se encuadren en los métodos de referencia A1, A2, B1, B2, C y D, y para:

- a) Dos conductores cargados (dos conductores aislados, dos cables unipolares o un cable bipolar);
- b) Tres conductores cargados (tres conductores aislados, tres cables unipolares o un cable tripolar).

Para un número mayor de conductores agrupados, deben ser aplicados los factores de corrección especificados en las tablas 42 a 45.

NOTAS

1 Los factores de agrupamiento que fueran calculados admitiéndose todos los conductores activos permanentemente cargados con 100% de su carga. En el caso que la carga sea inferior a 100%, los factores de corrección pueden ser aumentados.

2 Los factores de corrección de la tabla 42 son aplicables a conductores agrupados en conjunto, sea en líneas abiertas o cerradas (los factores pertinentes son los de la referencia¹ de la tabla 42), y para conductores agrupados en un mismo plano y en una única camada (las demás referencia de la tabla). Ya los factores de corrección de la tabla 43 son aplicables a agrupamientos consistentes en más de una camada de conductores. Así, en el caso de agrupamiento en camadas, los factores de corrección aplicables son los de la tabla 42, cuando la camada fuera única, o los de la tabla 43, cuando hubiera más de una camada.

3 Los factores de agrupamiento de las tablas 44 y 45 son aplicables a las líneas subterráneas: los de la tabla 44 a cables directamente enterrados y los de la tabla 45 a líneas en electroductos enterrados.

Tabla 42 — Factores de corrección aplicables a conductores agrupados en conjunto (en líneas abiertas o cerradas) y a conductores agrupados en un mismo plano, en camada única

Ref.	Forma de agrupamiento de los conductores	Número de circuitos o de cables multipolares												Tablas de los métodos de referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	En conjunto: al aire libre o sobre superficie; embutidos; en ducto cerrado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre pared, piso, o en bandeja no perforada o estante	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 y 37 (método C)
3	Camada única en el techo	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única en bandeja perforada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 y 39 (métodos E y F)
5	Camada única sobre parrilla, soporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

NOTAS

- 1 Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables, uniformemente cargados.
- 2 Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes fuera superior al doble de su diámetro externo, no es necesario aplicar ningún factor de reducción.
- 3 El número de circuitos o de cables con el cual se consulta la tabla se refiere:
 - La cantidad de grupos de dos o tres conductores aislados o cables unipolares, cada grupo constituyendo un circuito (suponiéndose un solo conductor por fase, esto es, sin conductores en paralelo), y/o
 - La cantidad de cables multipolares que componen el agrupamiento, cualquiera sea esa composición (solo conductores aislados, solo cables unipolares, solo cables multipolares o cualquier combinación).
- 4 Si el agrupamiento fuera constituido, al mismo tiempo, de cables bipolares y tripolares, se debe considerar el número total de cables como siendo el número de circuitos y asumiendo el factor de agrupamiento resultante, la determinación de las capacidades de conducción de corriente, en las tablas 36 a 39, debe ser efectuada luego:
 - En la columna de dos conductores cargados, para los cables bipolares; y
 - En la columna de tres conductores cargados, para los cables tripolares.
- 5 Un agrupamiento con N conductores aislados, o N cables unipolares, puede ser considerado compuesto tanto de N/2 circuitos con dos conductores cargados como de N/3 circuitos con tres conductores cargados.
- 6 Los valores indicados son promedios para el rango usual de secciones nominales, con dispersión generalmente inferior a 5%.

Tabla 43 — Factores de corrección aplicables a agrupamientos consistente en mas de una camada de conductores - Métodos de referencia C (tablas 36 y 37), E y F (tablas 38 y 39)

		Cantidad de circuitos trifásicos o de cables multipolares por camada				
		2	3	4 o 5	6 a 8	9 y mas
Cantidad de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 o 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 y mas	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

NOTAS

1 Los factores son válidos independientemente de la disposición de la camada, sea horizontal o vertical.

2 Sobre conductores agrupados en una única camada, ver tabla 42 (referencias 2 a 5 de la tabla).

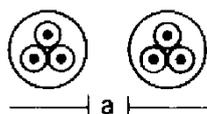
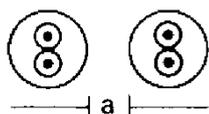
3 Si fueran necesarios valores mas precisos, se debe recurrir a la ABNT NBR 11301.

Tabla 44 — Factores de agrupamiento para líneas con cables directamente enterrados

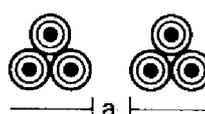
Número de circuitos	Distancias entre cables ¹⁾ (a)				
	Nula	Un diámetro de cable	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

1)

Cables multipolares



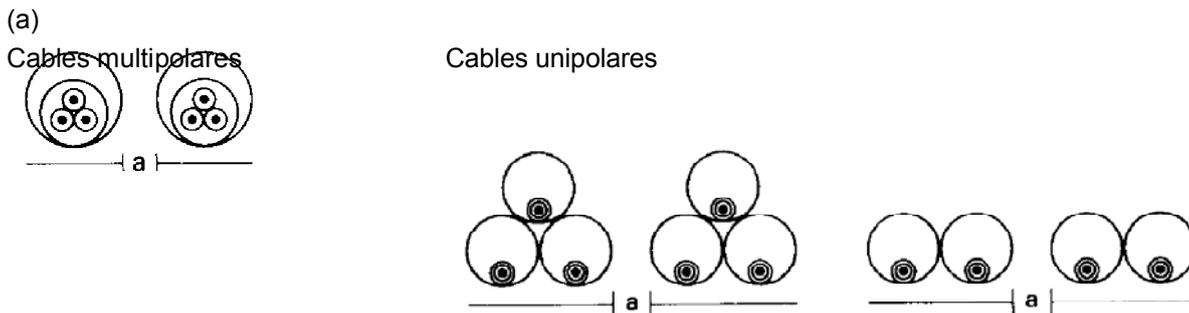
Cables unipolares



NOTA Los valores indicados son aplicables para una profundidad de 0,70 m y una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Son valores promedios para las dimensiones de cables cubiertos en las tablas 36 y 37. Los valores promedios redondeados pueden presentar errores de hasta $\pm 10\%$ en ciertos casos. Si fueran necesarios valores mas precisos, se debe recurrir a la ABNT NBR 11301.

Tabla 45 — Factores de agrupamiento para líneas en electroductos enterrados¹⁾

Cables multipolares en electroductos - Un cable por electroducto				
Número de circuitos	Distancia entre electroductos (a)			
	Nulo	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	0,80
Conductores aislados o cables unipolares en electroductos ²⁾ - Un conductor por electroducto				
Número de circuitos (grupos de dos o tres conductores)	Distancia entre electroductos (a)			
	Nulo	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



¹⁾ Los valores indicados son aplicables para una profundidad de 0,70 m y una resistividad térmica del suelo de 2,5 K.m/W. Son valores promedios para las secciones de conductores constantes en las tablas 36 y 37. Los valores promedios redondeados pueden presentar errores de hasta $\pm 10\%$ en ciertos casos. Si fueran necesarios valores mas precisos, se debe recurrir a la ABNT NBR 11301.

²⁾ Se debe atender las restricciones y problemas que involucran el uso de conductores aislados o cables unipolares en electroductos metálicos cuando se tiene un único conductor por electroducto.

6.2.5.5.4 Las capacidades de conducción de corriente indicadas en las tablas 38 y 39 son válidas para los tipos de instalaciones que se encuadren en los métodos de referencia E, F y G, y para:

- a) dos conductores cargados (dos conductores aislados, dos cables unipolares o un cable bipolar);
- b) tres conductores cargados (tres conductores aislados, tres cables unipolares o un cable tripolar).

Para un número mayor de conductores, agrupados, deben ser aplicados los factores de corrección especificados en la tabla 42, cuando los conductores fueran dispuestos en conjunto o en un mismo plano, en camada única; o de lo contrario, los factores de agrupamiento de la tabla 43, cuando los conductores fueran dispuestos en mas de una camada.

NOTAS (comunes a 6.2.5.5.3 y 6.2.5.5.4)

1 Los factores de reducción para agrupamiento de circuitos son valores medios calculados para las dimensiones de conductores, tipos de cables y condiciones de instalación considerados. Se debe prestar atención a las notas de cada tabla. En algunos casos puede ser despreciable un cálculo más preciso.

2 Los factores de corrección fueron calculados admitiéndose un agrupamiento de conductores semejantes igualmente cargados. Cuando un grupo contuviera conductores de dimensiones diferentes, deben ser tomadas precauciones en cuanto a la carga de los conductores de menor sección (ver 6.2.5.5.5).

6.2.5.5.5 Los factores de agrupamiento indicados en las tablas 42 a 45 son válidos para grupos de conductores semejantes, igualmente cargados. Son considerados conductores “semejantes” aquellos cuyas capacidades de conducción de corriente se basan en la misma temperatura máxima para servicio continuo y cuyas secciones nominales están contenidas en el intervalo de tres secciones normalizadas sucesivas. Cuando los conductores de un grupo no satisfacen esa condición, los factores de agrupamiento aplicables deben ser obtenidos recurriendo a cualquiera de las dos alternativas siguientes:

a) cálculo caso a caso, utilizando, por ejemplo, la ABNT NBR 11301; o

b) en el caso que no sea viable un cálculo más específico, adopción del factor F de la expresión:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

donde:

F es el factor de corrección;

n es el número de circuitos o de cables multipolares.

NOTA
S

1 El cálculo de factores de corrección para grupos conteniendo conductores de las más diferentes secciones nominales depende de la cantidad total de conductores y de la combinación de secciones, lo cual vuelve virtualmente inviable la elaboración de tablas de uso práctico, debido a que serían demasiadas las variables envueltas. **Por lo que se recomienda no agrupar conductores con secciones muy diferentes.**

2 La expresión indicada en el ítem b) está a favor de la seguridad y reduce los peligros de sobrecarga en los conductores de menor sección nominal. Puede, por tanto, resultar en el sobredimensionamiento de los conductores de secciones más elevadas.

6.2.5.6 Número de conductores cargados

6.2.5.6.1 El número de conductores cargados a ser considerado es aquel indicado en la tabla 46, de acuerdo con el esquema de conductores activos del circuito. En particular, en el caso de circuito trifásico con neutro, cuando la circulación de corriente en el neutro no fuera acompañada de una reducción correspondiente en la carga de los conductores de fase, el neutro debe ser computado como conductor cargado. Es lo que ocurre cuando la corriente en los conductores de fase contiene componentes armónicos de orden tres y múltiplos en una tasa superior a 15%. En estas condiciones, el circuito trifásico con neutro debe ser considerado como constituido de cuatro conductores cargados y la determinación de la capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser afectada del “factor de corrección debido a la carga del neutro”. Tal factor, que en carácter general es de 0,86, independientemente del método de instalación, es aplicable entonces a las capacidades de conducción de corriente válidas para tres conductores cargados.

NOTA
S

1 Las tablas de capacidad de conducción de corriente (tablas 36 a 39) traen columnas para dos y para tres conductores cargados, pero ninguna columna válida específicamente para cuatro conductores cargados. Por esto la determinación de la capacidad de conducción de corriente para cuatro conductores cargados debe ser realizada aplicándose el factor de 0,86 a las capacidades de conducción de corriente válidas para tres conductores cargados —sin perjuicio de los demás factores de corrección eventualmente aplicables, como los referentes a temperatura ambiente, resistividad térmica del suelo y agrupamiento de circuitos.

- 2 Alternativamente, el factor de corrección debido a la carga del neutro puede ser determinado caso por caso, de acuerdo con el método de instalación, asumiéndose que cuatro conductores cargados corresponden a dos circuitos de dos conductores cargados en cada uno. En estas condiciones, el factor de corrección debido a la carga del neutro corresponde entonces al factor de agrupamiento válido para dos circuitos y para el método de instalación considerado (los factores de agrupamiento son dados en las tablas 42 a 45, de acuerdo con el método de instalación), y es aplicable a las capacidades de conducción de corriente válidas para dos conductores cargados.
- 3 El factor de corrección debido la carga del neutro solamente es pertinente a circuitos trifásicos con neutro.
- 4 El factor de corrección debido a la carga del neutro puede ser ignorado en los casos en que la definición de la sección de los conductores incluye un sobredimensionamiento de los conductores de fase, en los niveles mencionados en F.2 y F.3.
- 5 Referente al dimensionamiento del conductor neutro, ver 6.2.6.2.

Tabla 46 — Número de conductores cargados a ser considerado, en función del tipo de circuito

Esquema de conductores activos del circuito	Número de conductores cargados a ser adoptado
Monofásico con dos conductores	2
Monofásico con tres conductores ¹⁾	2
Dos fases sin neutro ¹⁾	2
Dos fases con neutro ¹⁾	3
Trifásico sin neutro	3
Trifásico con neutro	3 o 4 ²⁾
¹⁾ Esquemas de conductores no utilizados al momento de la elaboración de la presente Norma ²⁾ Ver 6.2.5.6.1.	

6.2.5.6.2 Los conductores utilizados únicamente como conductores de protección (PE) no son considerados. Los conductores PEN son considerados como conductores neutros.

6.2.5.7 Conductores en paralelo

6.2.5.7.1 Cuando dos o mas conductores fueran unidos en paralelo en la misma fase o polaridad, esto no debe comprometer lo estipulado en 6.2.5.2.1. Por tanto:

- deben ser tomadas medidas que garanticen igual división de corriente entre los conductores en paralelo, conforme 6.2.5.7.2; o
- realizando un estudio específico sobre la división de la corriente entre los conductores en paralelo, de modo que lo establecido en 6.2.5.2.1 pueda ser verificado para cada conductor, individualmente.

6.2.5.7.2 La exigencia presentada en el ítem a) de 6.2.5.7.1 es considerada satisfecha si los conductores en paralelo tuviesen la misma constitución, la misma sección nominal, aproximadamente la misma longitud, no presenten derivaciones a lo largo de su recorrido y, además de esto, fueran:

- venas de cables multipolares o de cables preensamblados, cualquiera sea la sección nominal, cada cable conteniendo todas las fases o polaridades y el respectivo neutro, si existiere; o
- conductores aislados o cables unipolares en trebol, en formación plana o en ducto cerrado, con sección igual o inferior a 50 mm² en cobre, o 70 mm² en aluminio, cada grupo o ducto cerrado conteniendo todas las fases o polaridades y el respectivo neutro, si existiere; o, también,
- cables unipolares con sección superior a 50 mm² en cobre, o 70 mm² en aluminio, agrupados conforme las configuraciones especiales adaptadas a cada caso, cada grupo conteniendo todas las fases y el respectivo neutro, si existiere, siendo las configuraciones definidas de modo a obtener el mayor equilibrio posible entre las impedancias de los conductores de cada fase.

6.2.5.8 Variaciones de las condiciones de instalación en un trayecto

Cuando fueran identificadas, a lo largo del recorrido previsto de una línea eléctrica, diferentes condiciones de

enfriamiento (disipación de calor), las capacidades de conducción de corriente de sus conductores deben ser determinadas con base a las condiciones mas desfavorables encontradas.

6.2.6 Conductores de fase y conductor neutro

6.2.6.1 Sección de los conductores de fase

6.2.6.1.1 La sección de los conductores de fase, en circuitos de corriente alterna, y los conductores activos, en circuitos de corriente continua, no deben ser inferior al valor pertinente dado en la tabla 47.

Tabla 47 — Sección mínima de los conductores¹⁾

Tipo de línea		Utilización del circuito	Sección mínima del conductor mm ² - material
Instalaciones fijas en general	Conductores y cables aislados	Circuitos de iluminación	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de fuerza ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de señalización y circuitos de control	0,5 Cu ³⁾
	Conductores desnudos	Circuitos de fuerza	10 Cu 16 Al
		Circuitos de señalización y circuitos de control	4 Cu
Lineas flexibles con cables aislados	Para un equipo específico	Como se especifica en la norma del equipo	
	Para cualquier otra aplicación	0,75 Cu ⁴⁾	
	Circuitos a extra baja tensión para aplicaciones especiales	0,75 Cu	
¹⁾ Secciones mínimas indicadas por razones mecánicas ²⁾ Los circuitos de tomacorriente son considerados circuitos de fuerza. ³⁾ En circuitos de señalización y control destinados a equipos electrónicos es admitida una sección mínima de 0,1 mm ² . ⁴⁾ En cables multipolares flexibles conteniendo siete o mas venas es admitida una sección mínima de 0,1 mm ² .			

6.2.6.1.2 La sección de los conductores debe ser determinada de forma que sean atendidos, como mínimo, todos los siguientes criterios:

- La capacidad de conducción de corriente de los conductores debe ser igual o superior a la corriente de proyecto del circuito, incluyendo los componentes armónicos, una vez utilizados los factores de corrección aplicables (ver 6.2.5);
- La protección contra sobrecargas, conforme 5.3.4 y 6.3.4.2;
- La protección contra cortocircuitos y sollicitaciones térmicas, conforme 5.3.5 y 6.3.4.3;
- La protección contra choques eléctricos por seccionamiento automático de la alimentación en esquemas TN e IT, cuando sea pertinente (5.1.2.2.4);
- Los límites de caída de tensión, conforme 6.2.7; y
- Las secciones mínimas indicadas en 6.2.6.1.1.

6.2.6.2 Conductor neutro

6.2.6.2.1 El conductor neutro no puede ser común a más de un circuito.

6.2.6.2.2 El conductor neutro de un circuito monofásico debe tener la misma sección del conductor de fase.

6.2.6.2.3 Cuando, en un circuito trifásico con neutro, la tasa de tercer armónico y sus múltiplos fueran superior a 15%, la sección del conductor neutro no debe ser inferior a los conductores de fase, pudiendo ser igual a los conductores de fase si esa tasa no fuera superior a 33%.

NOTAS

1 Tales niveles de corrientes armónicas son encontrados, por ejemplo, en circuitos que alimentan luminarias con lámparas de descarga, incluyendo las fluorescentes.

2 El caso de tasas superiores a 33% es tratado en 6.2.6.2.5.

6.2.6.2.4 En caso de implementarse circuitos con dos fases y neutro, la sección del conductor neutro no debe ser inferior a la sección de los conductores de fase, pudiendo ser igual a los conductores de fase si la tasa de tercer armónico y sus múltiplos no fueran superior a 33%.

NOTA El caso de tasas superiores a 33% es tratado en 6.2.6.2.5.

6.2.6.2.5 Cuando, en un circuito trifásico con neutro o en un circuito con dos fases y neutro, la tasa del tercer armónico y sus múltiplos fuera superior a 33%, puede ser necesario un conductor neutro con sección superior a los conductores de fase.

NOTAS

1 Tales niveles de corrientes armónicas son encontradas, por ejemplo, en circuitos que alimentan principalmente computadores u otros equipos de tecnología de información.

2 Para determinar la sección del conductor neutro, con confianza, es necesaria una estimación segura del contenido de tercer armónico de las corrientes de fase y del comportamiento impuesto a la corriente del neutro por las condiciones de desequilibrio en que el circuito puede llegar a operar. El anexo F proporciona recomendaciones para ese dimensionamiento.

6.2.6.2.6 En un circuito trifásico con neutro y cuyos conductores de fase tengan una sección superior a 25 mm², la sección del conductor neutro puede ser inferior a los conductores de fase, sin ser inferior a los valores indicados en la tabla 48, en función de la sección de los conductores de fase, cuando las tres condiciones siguientes fueran simultáneamente atendidas:

- a) el circuito fuera presumiblemente equilibrado, en servicio normal;
- b) la corriente de las fases no contenga una tasa de tercer armónico y múltiplos superior a 15%; y
- c) el conductor neutro fuera protegido contra sobrecorrientes conforme 5.3.2.2.

NOTA Los valores de la tabla 48 son aplicables cuando los conductores de fase y el conductor neutro fueran del mismo metal.

Tabla 48 — Sección reducida del conductor neutro¹⁾

Sección de los conductores de fase mm ²	Sección reducida del conductor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
¹⁾ Las condiciones de utilización de esta tabla son dadas en 6.2.6.2.6.	

6.2.7 Caidas de tensión

6.2.7.1 En cualquier punto de utilización de la instalación, la caída de tensión verificada no debe ser superior a los siguientes valores, dados en relación al valor de la tensión nominal de la instalación:

- 7%, calculados a partir de los terminales secundarios del transformador MT/BT, en el caso de transformador de propiedad del(as) unidad(es) consumidora(s);
- 7%, calculados a partir de los terminales secundarios del transformador MT/BT de la empresa distribuidora de electricidad, cuando el puesto de entrega fuera ahí localizado;
- 5%, calculados a partir del puesto de entrega, en los demás casos de puesto de entrega con suministro en tensión secundaria de distribución;
- 7%, calculados a partir de los terminales de salida del generador, en el caso de grupo generador propio.

NOTAS

- Estos límites de caída de tensión son válidos cuando la tensión nominal de los equipos de utilización previstos fueran coincidentes con la tensión nominal de la instalación.
- Ver definición de "puesto de entrega" (3.4.3).
- En los casos de los ítems a), b) y d), cuando las líneas principales de la instalación tuviesen una longitud superior a 100 m, las caídas de tensión pueden ser aumentadas en 0,005% por metro de línea superior a 100 m, sin que, entre tanto, este aumento sea superior a 0,5%.
- Para circuitos de motores, ver también 6.5.1.2.1, 6.5.1.3.2 y 6.5.1.3.3.

6.2.7.2 En ningún caso la caída de tensión en los circuitos terminales puede ser superior a 4%.

6.2.7.3 Caidas de tensión mayores que las indicadas en 6.2.7.1 son permitidas para equipos con corriente de arranque elevada, durante el período de arranque, siempre que este dentro de los límites permitidos en sus normas respectivas.

6.2.7.4 Para el cálculo de caída de tensión en un circuito debe ser utilizada la corriente de proyecto del circuito.

NOTAS

- 1 La corriente de proyecto incluye los componentes armónicos.
- 2 Para circuitos de motores, ver también 6.5.1.2.1, 6.5.1.3.2 y 6.5.1.3.3.

HASTA AQUÍ LECTURA DEL 13 DE NOVIEMBRE

6.2.8 Conexiones

6.2.8.1 Las conexiones de conductores entre sí y con otros componentes de la instalación deben garantizar continuidad eléctrica duradera, adecuada soportabilidad mecánica y adecuada protección mecánica.

6.2.8.2 En la selección de los medios de conexión deben ser considerados:

- a) el material de los conductores, incluyendo su aislación;
- b) la cantidad de hilos y formato de los conductores;
- c) la sección de los conductores;
- d) el número de conductores a ser conectados conjuntamente.

NOTA es aconsejable evitar el uso de conexiones soldadas en circuitos de energía. Si tales conexiones fueran utilizadas, ellas deben tener resistencia a la fluencia y a sollicitaciones mecánicas compatible con la aplicación.

6.2.8.3 Las conexiones deben ser accesibles para verificación, ensayos y mantenimiento, excepto en los siguientes casos:

- a) empalmes de cables enterrados; y
- b) empalmes inmersos en compuestos o sellados.

6.2.8.4 De ser necesario, deben ser tomadas precauciones para que la temperatura alcanzada en las conexiones, en servicio normal, no afecte la aislación de las partes conductoras conectadas.

6.2.8.5 Las conexiones deben soportar los esfuerzos impuestos por las corrientes, sea en condiciones normales, sea en condiciones de falla. Además de esto, las conexiones no deben sufrir modificaciones inadmisibles debido a su calentamiento, del envejecimiento de los aislantes y de las vibraciones que ocurren en servicio normal. En particular, deben ser consideradas las influencias de la dilatación térmica y de las tensiones electroquímicas, que varían de metal en metal, así como las influencias de la temperatura que afectan la resistencia mecánica de los materiales.

6.2.8.6 Deben ser tomadas precauciones para evitar que partes conductoras de corriente energicen partes metálicas normalmente aisladas de partes activas o la capa metálica de los cables, cuando existiese.

6.2.8.7 Salvo en los casos de líneas aéreas y de líneas de contacto alimentando equipos móviles, las conexiones de conductores entre sí y con equipos no deben ser sometidas a ningún esfuerzo de tracción o de torsión.

6.2.8.8 En las líneas eléctricas constituidas por conductos cerrados solamente se admiten conexiones contenidas en coberturas apropiadas, tales como cajas, tableros, etc., que garanticen la necesaria accesibilidad y protección mecánica.

6.2.8.9 Las conexiones deben ser realizadas de modo que la presión de contacto sea independiente del material aislante.

6.2.8.10 Esta prohibida la aplicación de soldadura de estaño en la terminación de conductores, para conectarlos a bornes o terminales de dispositivos o equipos eléctricos.

6.2.8.11 Los medios de conexión utilizados en la conexión directa de conductores de aluminio a terminales de dispositivos o equipos eléctricos que admitan tal conexión deben atender a los requisitos de las normas aplicables a conexiones para aluminio.

NOTA A falta de medios de conexión adecuados para conexión directa con aluminio, el conductor debe ser empalmado con un conductor de cobre, a través de conector especial, y luego unido al equipo.

6.2.8.12 Las conexiones para aluminio sujetadas por medio de tornillo deben ser ejecutadas de forma a garantizar presión adecuada sobre el conductor de aluminio. Esta presión es asegurada por el control de torque durante el ajuste del tornillo. El torque adecuado debe ser proporcionado por el fabricante del conector o del equipo que incluya los conectores.

6.2.8.13 Las conexiones prensadas deben ser realizadas por medio de herramientas adecuadas al tipo y tamaño del conector utilizado, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del conector.

6.2.8.14 En conductores de aluminio solamente son admitidos empalmes por medio de conectores por compresión o soldadura adecuada.

6.2.8.15 La conexión entre cobre y aluminio debe ser realizada exclusivamente por medio de conectores adecuados a este fin.

6.2.9 Condiciones generales de instalación

6.2.9.1 Protección contra influencias externas

La protección contra influencias externas dada por la manera de instalar debe ser garantizada de manera continua.

6.2.9.2 Extremos de las líneas

La continuidad de la protección contra influencias externas, indicada en 6.2.9.1, debe incluir a los extremos de las líneas eléctricas, especialmente los puntos en que ellas entran a los equipos, asegurándose la estanqueidad, cuando sea necesaria.

NOTA La estanqueidad puede ser proveída, por ejemplo, por prensa-cables.

6.2.9.3 Cruces de paredes

En los cruces de paredes, las líneas eléctricas deben ser provistas de protección mecánica adicional, excepto si su robustez fuera lo suficiente para garantizar la integridad en los tramos del cruce.

6.2.9.4 Proximidad de líneas no eléctricas

6.2.9.4.1 Cuando las líneas eléctricas se encuentren en las proximidades de líneas no eléctricas, la separación entre las superficies externas de ambas debe garantizar que la intervención en una de ellas no represente riesgo de daño a la otra.

6.2.9.4.2 Las líneas eléctricas no deben ser dispuestas en las proximidades de canalizaciones que produzcan calor, humo o vapores cuyos efectos pueden ser perjudiciales a la instalación, a menos que las líneas sean protegidas contra esos efectos, como, por ejemplo, la interposición de una separación adecuada entre la línea eléctrica y aquellas canalizaciones.

6.2.9.4.3 No se admiten líneas eléctricas en el interior de ductos de ventilación de humo o de ductos de ventilación.

6.2.9.4.4 Cuando la línea eléctrica, completa o en parte, sigue el mismo recorrido de canalizaciones que puedan generar condensaciones (tales como cañerías de agua y de vapor), ella no debe ser dispuesta debajo de estas canalizaciones, a menos que sean tomadas precauciones para protegerla de los efectos de la condensación.

6.2.9.5 Proximidad de otras líneas eléctricas

Circuitos con tensiones que se encuadren una(s) en el rango I y otra(s) en el rango II definidas en el anexo

A no deben compartir la misma línea eléctrica, a menos que todos los conductores sean aislados para la tensión mas elevada presente o, de lo contrario, que sea atendida una de las siguientes condiciones:

- a) los conductores con aislación minimamente suficiente para la aplicación que se destinan fuesen instalados en compartimientos separados del ducto a ser compartido;
- b) fuesen utilizados electroductos separados.

NOTA estos requisitos no tienen en cuenta cuidados específicos visualizando compatibilidad electromagnética. Sobre protección contra perturbaciones electromagnéticas, ver 5.4 y 6.4.

6.2.9.6 Barreras corta fuego

6.2.9.6.1 Cuando una línea eléctrica atraviesa elementos de construcción, tales como pisos, paredes, coberturas, techos, etc., las aberturas remanentes al paso de la línea deben ser obturadas de modo a preservar la característica de resistencia al fuego de que el elemento fuera dotado.

NOTA En el caso de líneas dispuestas en pozos verticales , ver 6.2.9.6.8.

6.2.9.6.2 Líneas eléctricas tales como las constituídas por electroductos o conductos cerrados equivalentes y las pre-fabricadas, que penetren en elementos de la construcción cuya resistencia al fuego sea conocida y especificada, deben ser obturadas internamente, de forma a garantizar por lo menos el mismo grado de resistencia al fuego del elemento en cuestión, y también obturadas externamente, conforme 6.2.9.6.1.

6.2.9.6.3 Las prescripciones de 6.2.9.6.1 y 6.2.9.6.2 son consideradas atendidas si la obturación proveída fuera de un modelo que haya sido sometida a ensayo de tipo.

6.2.9.6.4 Los electroductos o conductos cerrados equivalentes que sean no propagantes de llama y cuya área de sección transversal interna sea como máximo 710 mm^2 no precisan ser obturados internamente, siempre que:

- a) los electroductos o conductos equivalentes presenten grado de protección IP33; y
- b) todos los extremos de la línea que terminen en un compartimento constructivamente separado del compartimento del cual ellas provienen satisfagan el grado de protección IP33.

6.2.9.6.5 Toda obturación destinada a cumplir con 6.2.9.6.1 y/o 6.2.9.6.2 debe atender las prescripciones de los ítems a) a c), así como las de 6.2.9.6.6:

- a) debe ser compatible con los materiales de la línea eléctrica con los cuales tuviera contacto;
- b) debe permitir las dilataciones y contracciones de la línea eléctrica sin que eso reduzca su efectividad como barrera cortafuego;
- c) debe presentar estabilidad mecánica adecuada, capaz de soportar los esfuerzos que pueden sobrevenir de daños causados por el fuego a los medios de sujeción y de soporte de la línea eléctrica.

NOTA Esta prescripción es considerada atendida:

- Si la fijación de la línea eléctrica fuera reforzada con grapas, abrazaderas o soportes, instalados a no mas de 750 mm de la obturación y capaces de soportar las cargas mecánicas esperadas, en consecuencia de la ruptura de los soportes, situados del lado de la pared ya alcanzada por el fuego y, de tal forma que ningún esfuerzo sea transmitido a la obturación; o
- Si la concepción de la propia obturación garantiza una sustentación adecuada, a la situación considerada.

6.2.9.6.6 Las obturaciones deben soportar las mismas influencias externas a las cuales la línea eléctrica fuera sometida y, además de eso:

- a) deben tener una resistencia a los productos de combustión equivalente a la de los elementos de la construcción a los cuales fueran aplicadas;

- b) deben presentar un grado de protección contra penetración de agua por lo menos igual al requerido por los elementos de la construcción a los cuales fueran aplicadas; y
- c) deben ser protegidas, así como las líneas, contra gotas de agua que, escurriendo a lo largo de la línea, se puedan concentrar en el punto obturado, a menos que los materiales utilizados sean todos resistentes a la humedad, originalmente y/o después finalizada a obturación.

6.2.9.6.7 En los espacios de construcción y en las galerías deben ser tomadas precauciones adecuadas para evitar la propagación de un incendio.

6.2.9.6.8 En el caso de líneas eléctricas dispuestas en pozos verticales atravesando diversos niveles, cada cruce de piso debe ser obturada de modo a impedir la propagación de incendio. Se admite que esa obturación de los cruces no sea realizada en las siguientes situaciones :

- a) En el caso de líneas constituidas por cables fijados en paredes o en techos, cuando los cables fueran no propagantes de llama, libres de halógeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos;
- b) En el caso de línea en ducto abierto, cuando los cables fueran no propagantes de llama, libre de halógeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos y el ducto, en el caso que no sea metálico o de otro material incombustible, también fuera no propagante de llama, libre de halógeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos;
- c) En el caso de línea en ducto cerrado, cuando el ducto fuera metálico o de otro material incombustible o, también, en el caso que no sea metálico o de otro material incombustible, cuando el ducto fuera no propagante de llama, libre de halógeno y con baja emisión de humos y gases tóxicos. En la primera hipótesis (ducto metálico o de otro material incombustible), los conductores y cables pueden ser solamente no propagantes de llama; en la segunda, los cables deben ser no propagantes de llama, libres de halógeno y con baja emisión de humo y gases tóxicos.

6.2.10 Disposición de los conductores

6.2.10.1 Los cables multipolares solo deben contener los conductores de un mismo y único circuito.

6.2.10.2 Se permite que los conductos cerrados contengan conductores de más de un circuito en los siguientes casos:

- a) cuando las cuatro condiciones siguientes fuesen simultáneamente atendidas:
 - los circuitos pertenecieran a la misma instalación, esto es, se originasen del mismo dispositivo general de maniobra y protección;
 - las secciones nominales de los conductores de fase estuviesen contenidas dentro de un intervalo de tres valores normalizados sucesivos;
 - todos los conductores tuvieran la misma temperatura máxima para servicio continuo; y
 - todos los conductores fuesen aislados para la más alta tensión nominal presente; o
- b) en el caso de los circuitos de fuerza, de comando y/o señalización de un mismo equipo.

6.2.10.3 Los conductores de un mismo circuito, incluyendo el conductor de protección, deben estar lo más próximo posible unos de otros.

6.2.10.4 Cuando fuesen usados conductores en paralelo, los mismos deben ser reunidos en tantos grupos cuantos fuesen los conductores en paralelo, cada grupo conteniendo un conductor de cada fase o polaridad. Los conductores de cada grupo deben estar instalados lo más próximo posible unos de otros.

NOTA En particular, en el caso de conductos cerrados metálicos, todos los conductores activos de un mismo circuito deben estar contenidos en un mismo ducto.

6.2.11 Requisitos para la instalación

6.2.11.1 Electroductos

6.2.11.1.1 Está prohibido el uso, como electroducto, de productos que no sean expresamente presentados y comercializados como tal.

NOTA Esta prohibición incluye, por ejemplo, productos caracterizados por sus fabricantes como "mangueras".

6.2.11.1.2 En las instalaciones eléctricas alcanzadas por esta Norma solo son admitidos electroductos no propagantes de llama.

6.2.11.1.3 Solo son admitidos en instalación embutida los electroductos que soporten los esfuerzos de deformación característicos de la técnica constructiva utilizada.

6.2.11.1.4 En cualquier situación, los electroductos deben soportar las sollicitaciones mecánicas, químicas, eléctricas y térmicas a que fuesen sometidos en las condiciones de la instalación.

6.2.11.1.5 En los electroductos solo deben ser instalados conductores aislados, cables unipolares o cables multipolares.

NOTA Esto no excluye el uso de electroductos para protección mecánica, por ejemplo, de conductores de puesta a tierra.

6.2.11.1.6 Las dimensiones internas de los electroductos y de sus conexiones deben permitir que, después del montaje de la línea, los conductores puedan ser instalados y retirados con facilidad. Por lo tanto:

a) el porcentaje de ocupación del electroducto, dado por el cociente entre la suma de las áreas de las secciones transversales de los conductores previstos, calculadas en base al diámetro externo, y el área útil de la sección transversal del electroducto, no debe ser superior a:

53% en el caso de un conductor;

31% en el caso de dos conductores;

40% en el caso de tres o más conductores;

b) los tramos continuos de canalización, sin interposición de cajas o equipos, no deben exceder 15 m de longitud para líneas internas a las edificaciones y 30 m para las líneas en áreas externas a las edificaciones, si los tramos fuesen rectilíneos. Si los tramos incluyesen curvas, el límite de 15 m y el de 30 m deben ser reducidos en 3 m por cada curva de 90°.

NOTA Cuando no fuese posible evitar el paso de la línea por locales que impidan, por algún motivo, la colocación de caja intermediaria, la longitud del tramo continuo puede ser aumentado, toda vez que sea utilizado un electroducto de tamaño nominal inmediatamente superior por cada 6 m, o fracción, de aumento de la distancia máxima calculada según los criterios del ítem b). Por lo tanto, un aumento, por ejemplo, de 9 m implica un electroducto con tamaño de dos diámetros nominales arriba del inicialmente definido, con base en el porcentaje de ocupación máxima indicada en el ítem a).

6.2.11.1.7 En cada tramo de canalización delimitado, de un lado y de otro, por caja o extremidad de línea, cualquiera que sea la combinación (caja-caja, caja-extremidad o extremidad-extremidad), pueden ser instaladas como máximo tres curvas de 90° o su equivalente como máximo 270°. Bajo ninguna hipótesis deben ser instaladas curvas con deflexión superior a 90°.

6.2.11.1.8 Las curvas, cuando son originadas por el doblado del electroducto, sin el uso de un accesorio específico, no deben resultar en la reducción de las dimensiones internas del electroducto.

6.2.11.1.9 Deben ser empleadas cajas:

a) en todos los puntos de la canalización donde hubiese entrada o salida de conductores, excepto en los puntos de transición de una línea abierta a una línea en electroductos, los cuales, en estos casos, deben ser provistos con un dispositivo de terminación (protección contra los bordes de los electroductos);

- b) en todos los puntos de empalme o de derivación de conductores;
- c) siempre que fuese necesario dividir la canalización, para atender lo dispuesto en 6.2.11.1.6-b).

6.2.11.1.10 La localización de las cajas debe ser de modo a garantizar que las mismas sean fácilmente accesibles. Estas deben ser provistas de tapas o, en el caso que alojen interruptores, tomacorrientes y similares, cerradas con las placas que completan la instalación de esos dispositivos. Las cajas de salida para alimentación de equipos pueden ser cerradas con las placas destinadas a la fijación de esos equipos.

NOTA Se permite la ausencia de tapa en cajas de derivación o de paso instaladas en cielorraso o pisos falsos, toda vez que estas cajas efectivamente solo sean accesibles con el retiro de las placas del cielorraso o del piso falso y que se destinen exclusivamente a empalme y/o derivación de conductores, sin acomodar ningún dispositivo o equipo.

6.2.11.1.11 Los conductores deben formar tramos continuos entre las cajas, no admitiéndose enmiendas y derivaciones a no ser que sea en el interior de las cajas. Conductores con empalmes o cuya aislación haya sido dañada y recompuesta con cinta aisladora u otro material no deben ser introducidos en electroductos.

6.2.11.1.12 En el montaje de las líneas a ser embutidas en hormigón armado, los electroductos deben ser dispuestos de modo a evitar su deformación durante la carga del hormigón. Las cajas, así como las bocas de los electroductos, deben ser cerradas con tapones apropiados que impidan la entrada de mezclas o residuo de hormigón durante el hormigonado.

6.2.11.1.13 Las uniones de los electroductos embutidos deben ser efectuadas mediante accesorios estancos a los materiales de construcción.

6.2.11.1.14 Los electroductos solo deben ser cortados perpendicularmente a su eje. Debe ser retirada toda rebaba susceptible de dañar la aislación de los conductores.

6.2.11.1.15 En las juntas de dilatación, los electroductos rígidos deben ser seccionados, lo que puede exigir ciertas medidas compensatorias, como, por ejemplo, el uso de protectores flexibles o cabos destinados a garantizar la continuidad eléctrica de un electroducto metálico.

6.2.11.1.16 Cuando sea necesario, los electroductos rígidos aislantes deben ser provistos de juntas de expansión para compensar las variaciones térmicas.

6.2.11.1.17 El pasaje de los cables solo debe ser iniciado después que el montaje de los electroductos fuese concluido, sean terminadas todas las obras de construcción susceptible de dañarlos y las canalizaciones fuesen sometidas a una limpieza completa.

6.2.11.1.18 Para facilitar la carga de los conductores, pueden ser utilizados:

- a) guías de estirado; y/o
- b) talco, parafina u otros lubricantes que no perjudiquen la aislación de los conductores.

NOTA Las guías de estirado solo deben ser introducidas después de finalizadas las canalizaciones, y no durante su ejecución.

6.2.11.2 Molduras

6.2.11.2.1 En las molduras solo deben ser instalados conductores aislados o cables unipolares.

6.2.11.2.2 Las ranuras de las molduras deben poseer dimensiones que faciliten el alojamiento de los conductores.

6.2.11.2.3 Cada ranura debe ser ocupada por un único y mismo circuito.

6.2.11.2.4 Las molduras no deben ser embutidas en la mampostería, ni cubiertas por papel de pared, tejido o cualquier otro material, debiendo permanecer a la vista.

6.2.11.3 Bandejas, parrillas, estantes, soportes horizontales y fijación directa de los cables en paredes o techos

6.2.11.3.1 En las líneas eléctricas en que los conductos fuesen bandejas, parrillas, estantes o soportes horizontales, y en las líneas en que los cables fuesen directamente fijados en paredes o techos, solo deben ser utilizados cables unipolares o cables multipolares.

6.2.11.3.2 Para la fijación directa de los cables en paredes o techos, pueden ser utilizadas abrazaderas, argollas u otros medios.

NOTA No se recomienda el uso de materiales magnéticos cuando estos estuviesen sujetos a la inducción significativa de corriente.

6.2.11.3.3 Los medios de fijación, las bandejas, parrillas, estantes o soportes deben ser elegidos y dispuestos de manera a no dañar los cables ni comprometer su desempeño. Los mismos deben poseer propiedades que les permitan soportar sin daños las influencias externas a que fuesen sometidos.

6.2.11.3.4 En los recorridos verticales debe ser asegurado que el esfuerzo de tracción impuesto por el peso de los cables no resulte en deformación o ruptura de los conductores. Ese esfuerzo de tracción tampoco debe recaer sobre las conexiones.

6.2.11.3.5 En las bandejas, parrillas y estantes, los cables deben ser dispuestos, preferencialmente, en una única camada. Se permite, sin embargo, la disposición en varias camadas, toda vez que el volumen de material combustible representado por los cables (aislaciones, capas y coberturas) no sobrepase:

- a) 3,5 dm³ por metro lineal, para cables de categoría BF de la ABNT **NBR 6812**;
- b) 7 dm³ por metro lineal, para cables de categoría AF o AF/R de la ABNT **NBR 6812**.

NOTA La limitación del volumen de material combustible tiene el objetivo de minimizar o evitar que los cables contribuyan a la propagación de incendio.

6.2.11.4 Canaletas y perfilados

6.2.11.4.1 En las canaletas instaladas sobre paredes, en techos o suspendidas y en los perfilados, pueden ser instalados conductores aislados, cables unipolares y cables multipolares. Los conductores aislados solo pueden ser utilizados en canaletas o perfilados de paredes no perforadas y con tapas que solo puedan ser removidas con la ayuda de herramienta.

NOTA Se permite el uso de conductores aislados en canaletas o perfilados sin tapa o con tapa desmontable sin ayuda de herramienta, o en canaletas o perfilados con paredes perforadas, con o sin tapa, siempre que estos conductos:

- a) sean instalados en locales solo accesibles a personas prevenidas (BA4) o calificadas (BA5), conforme tabla 18; o
- b) sean instalados a una altura mínima de 2,50 m del piso.

6.2.11.4.2 Las canaletas instaladas sobre paredes, en techos o suspendidas y los perfilados deben ser escogidos y dispuestos de modo a no dañar los cables ni comprometer su desempeño. Los mismos deben poseer propiedades que les permitan soportar sin daños las influencias externas a que fuesen sometidos.

6.2.11.4.3 En las canaletas instaladas en el suelo pueden ser utilizados cables unipolares o cables multipolares.

6.2.11.4.4 Bajo el punto de vista de las influencias externas AD (presencia de agua, tabla 4), las canaletas instaladas en el suelo son clasificadas como AD4.

6.2.11.4.5 En las canaletas empotradas en el piso pueden ser utilizados conductores aislados, cables unipolares o cables multipolares. Los conductores aislados solo pueden ser utilizados si los mismos se encuentran contenidos en electroductos.

6.2.11.5 Espacios de construcción

En los espacios de construcción pueden ser utilizados conductores aislados y cables unipolares o multipolares, conforme los métodos de instalación 21, 22, 23, 24 y 25 de la tabla 33, toda vez que los conductores o cables puedan ser instalados o retirados sin intervención en los elementos de construcción del edificio.

6.2.11.6 Líneas enterradas

6.2.11.6.1 En líneas enterradas (cables directamente enterrados o contenidos en electroductos enterrados), solo son admitidos cables unipolares o multipolares. Adicionalmente, en líneas con cables directamente enterrados desprovistas de protección mecánica adicional solo son admitidos cables armados.

NOTA Se permite el uso de conductores aislados en electroducto enterrado si, en el tramo enterrado, no hubiese ninguna caja de paso y/o derivación enterrada y fuese garantizada la estanqueidad del electroducto.

6.2.11.6.2 Los cables deben ser protegidos contra los deterioros causados por movimiento de suelo, contacto con cuerpos rígidos, choque de herramientas en caso de excavaciones, así como contra la humedad y acciones químicas causadas por los elementos del suelo.

6.2.11.6.3 Como prevención contra los efectos de movimiento de suelo, los cables deben ser instalados, en terreno normal, por lo menos a 0,70 m de la superficie del suelo. Esta profundidad debe ser aumentada a 1 m en el trayecto de vías accesibles a vehículos, incluyendo una faja adicional de 0,50 m de ancho de un lado y de otro de esas vías. Estas profundidades pueden ser reducidas en terreno rocoso o cuando los cables estuviesen protegidos, por ejemplo, por electroductos que soporten sin daños las influencias externas presentes.

6.2.11.6.4 Se debe respetar una separación mínima de 0,20 m entre dos líneas eléctricas enterradas que se crucen.

6.2.11.6.5 Se debe observar una separación mínima de 0,20 m entre una línea eléctrica enterrada y cualquier línea no eléctrica cuyo trayecto se avvicine o cruce con el de la línea eléctrica. Esta separación, medida entre los puntos más próximos de las dos líneas, puede ser reducida si las líneas eléctricas y las no eléctricas fuesen separadas por medios que proporcionen una seguridad equivalente.

6.2.11.6.6 Las líneas eléctricas enterradas deben ser señalizadas, a lo largo de toda a su extensión, por un elemento de advertencia (por ejemplo, cinta colorida) no sujeto a deterioro, situado, como mínimo, a 0,10 m arriba de la línea.

6.2.11.7 Líneas sobre aisladores

6.2.11.7.1 En las líneas con conductores fijados sobre aisladores pueden ser utilizados conductores desnudos, conductores aislados, conductores aislados agrupados, cables unipolares, cables multipolares y barras.

NOTA El uso de barras debe ser limitado a locales de servicio eléctrico.

6.2.11.7.2 Esta manera de instalar no es admitida en viviendas.

6.2.11.7.3 Las líneas sobre aisladores deben obedecer los requisitos de 5.1.5.4.

6.2.11.7.4 En edificaciones de uso comercial o semejantes, las líneas con conductores desnudos son admitidas como líneas de contacto alimentando lámparas o equipos móviles, toda vez que sean alimentadas en SELV.

6.2.11.7.5 El uso de conductores desnudos sobre aisladores en establecimientos industriales o semejantes debe ser limitado a los locales de servicio eléctrico o a utilidades específicas (por ejemplo, alimentación de puentes gruas).

6.2.11.7.6 En la instalación de conductores desnudos o barras sobre aisladores, deben ser considerados:

- a) los esfuerzos a que los mismos pueden ser sometidos en servicio normal;
- b) los esfuerzos electrodinámicos a que los mismos pueden ser sometidos en condiciones de cortocircuito;
- c) la dilatación debida a variaciones de temperatura, que pueden acarrear la flexión de los conductores o la destrucción de los aisladores; puede ser necesario prever juntas de dilatación. Además, se debe tomar precauciones contra vibraciones excesivas de los conductores, utilizando soportes suficientemente próximos.

6.2.11.8 Líneas aéreas externas

6.2.11.8.1 En las líneas aéreas externas pueden ser utilizados conductores desnudos o provistos de cobertura resistentes a la intemperie, conductores aislados con aislación resistente a la intemperie, o cables preensablados resistentes a la intemperie montados sobre postes o estructuras.

6.2.11.8.2 Cuando una línea aérea alimente locales que presentan riesgos de explosión (BE3 – tabla 22), ella debe ser convertida en línea enterrada a una distancia mínima de 20 m del local de riesgo.

6.2.11.8.3 Los conductores desnudos deben ser instalados de forma que su punto más bajo observe las siguientes alturas mínimas con relación al suelo:

- a) 5,50 m, donde hubiese tráfico de vehículos pesados;
- b) 4,50 m, donde hubiese tráfico de vehículos livianos;
- c) 3,50 m, donde hubiese paso exclusivo de peatones.

6.2.11.8.4 Los conductores desnudos deben quedar fuera del alcance de ventanas, balcones, escaleras, salidas de emergencia, terrazas o locales análogos. Para que esta prescripción sea satisfecha, los conductores deben atender a una de las condiciones siguientes:

- a) estar a una distancia horizontal igual o superior a 1,20 m;
- b) estar arriba del nivel superior de las ventanas;
- c) estar a una distancia vertical igual o superior a 3,50 m arriba del piso de balcones, terrazas o barandas;
- d) estar a una distancia vertical igual o superior a 0,50 m abajo del piso de balcones, terrazas o barandas.

6.2.11.9 Líneas prefabricadas

Las protecciones o coberturas de las líneas prefabricadas deben asegurar protección contra contactos accidentales con partes activas. Deben poseer grado de protección como mínimo IP2X y atender a las prescripciones de B.2.

6.3 Dispositivos de protección, seccionamiento y comando

6.3.1 Generalidades

Las prescripciones de esta subsección tratan de la selección e instalación de los dispositivos destinados a proveer las funciones de protección, seccionamiento y comando requeridas y especificadas en la sección 5 y deben ser observadas en conjunto tanto con aquellas medidas así como con las disposiciones de carácter general relativas a la selección e instalación de los componentes de la instalación eléctrica descriptos en 6.1.

6.3.2 Prescripciones comunes

6.3.2.1 Los contactos móviles de todos los polos de dispositivos multipolares deben estar acoplados mecánicamente, de forma que los mismos se abran o se cierren prácticamente juntos; aunque, los contactos destinados al neutro pueden cerrarse antes e abrirse después de los otros contactos.

6.3.2.2 En circuitos polifásicos no deben ser insertados dispositivos unipolares en el conductor neutro, con la excepción prevista en 6.3.7.2.7. En circuitos monofásicos no deben ser insertados dispositivos unipolares en el conductor neutro, a menos que exista, aguas arriba, un dispositivo por corriente diferencial-residual (interruptor diferencial) que atienda los requisitos de 5.1.2.2.

6.3.2.3 Los dispositivos destinados a proveer más de una función deben satisfacer todas las prescripciones de esta subsección aplicables a cada una de las funciones.

6.3.3 Dispositivos destinados a garantizar el seccionamiento automático de la alimentación con el objetivo de alcanzar protección contra choques eléctricos

6.3.3.1 Dispositivos de protección por sobrecorriente

6.3.3.1.1 Esquema TN

En el esquema TN, los dispositivos a sobrecorriente deben ser seleccionados e instalados de acuerdo con las prescripciones de 5.1.2.2.4.2-d, 5.3.2, 5.3.5.2 y 6.3.4.3.

6.3.3.1.2 Esquema TT

En el esquema TT, no se admite el empleo de dispositivo por sobrecorriente en el seccionamiento automático con el objetivo de alcanzar protección contra choques eléctricos (ver 5.1.2.2.4.3-a).

6.3.3.1.3 Esquema IT

En el esquema IT, los dispositivos por sobrecorriente destinados a proveer protección en el caso de una segunda falla deben ser seleccionados conforme las prescripciones de 5.1.2.2.4.4-e) y 6.3.3.1.1.

6.3.3.2 Dispositivos de protección por corriente diferencial-residual (dispositivos DR)

NOTA El uso de dispositivos DR no exime, bajo ninguna hipótesis, del uso de conductor de protección. Como se especifica en 5.1.2.2.3.6, todo circuito debe disponer de conductor de protección, en toda su extensión (ver también 6.4.3.1.5).

6.3.3.2.1 En circuitos de corriente continua sólo deben ser usados dispositivos DR capaces de detectar corrientes diferenciales-residuales continuas. Los mismos deben ser capaces, también, de interrumpir las corrientes del circuito tanto en condiciones normales como en situaciones de falla.

NOTA Son ejemplos de dispositivos DR aptos para detectar corrientes de falla continuas, lisas y pulsantes, además de corrientes de falla senoidales, los dispositivos DR del tipo B conforme a IEC 61008-2-1 e IEC 61009-2-1.

6.3.3.2.2 En circuitos de corriente alterna en los cuales la corriente de falla puede contener componente continua solo deben ser utilizados dispositivos DR capaces de detectar también corrientes diferenciales-residuales con esas características.

NOTA Son ejemplos de dispositivos DR aptos para detectar corrientes de falla c.a. con componente continua, además de corrientes de falla senoidales, los dispositivos DR del tipo A conforme a IEC 61008-2-1 e IEC 61009-2-1.

6.3.3.2.3 En circuitos de corriente alterna en los cuales no se prevén corrientes de falla que no sean senoidales, pueden ser utilizados dispositivos DR capaces de detectar apenas corrientes diferenciales-residuales senoidales. Tales dispositivos pueden ser utilizados también en la protección de circuitos que posean, aguas abajo, dispositivos DR capaces de detectar las corrientes de falla no-senoidales que los circuitos por los mismos protegidos puedan presentar.

NOTA Son ejemplos de dispositivos DR capaces de detectar corrientes diferenciales-residuales senoidales, solamente, los dispositivos DR del tipo AC conforme a IEC 61008-2-1 e IEC 61009-2-1.

6.3.3.2.4 Los dispositivos DR deben garantizar el seccionamiento de todos los conductores activos del circuito protegido. En los esquemas TN-S, el conductor neutro puede no ser seccionado si las condiciones de alimentación permitiesen considerarlos como presentando, con certeza, el mismo potencial de la tierra.

6.3.3.2.5 El circuito magnético de los dispositivos DR debe envolver todos los conductores activos del circuito, inclusive el neutro, pero ningún conductor de protección; todo conductor de protección debe pasar exteriormente al circuito magnético.

6.3.3.2.6 Los dispositivos DR deben ser seleccionados y los circuitos eléctricos divididos de tal forma que las corrientes de fuga a tierra susceptibles de circular durante el funcionamiento normal de las cargas alimentadas no puedan provocar la actuación intempestiva del dispositivo.

NOTA Las normas de dispositivo DR, como la IEC 61008-2-1 (**ver NM**) y la IEC 61009-2-1 (**ver NM**) establecen que un dispositivo DR debe actuar con seguridad para cualquier corriente igual o superior a su corriente de disparo nominal; que no *debe* actuar para corrientes inferiores a 50% de la corriente de disparo nominal; y que puede actuar con corrientes entre 50% y 100% de la corriente de disparo nominal. De esta manera, buscando la continuidad de servicio, la estructura de los circuitos y la definición del número y características de los dispositivos DR deben ser de modo a garantizar que ningún circuito llegue a presentar corriente de fuga total, en condiciones normales, superior a 50% de la corriente de disparo del dispositivo DR destinado a protegerlo.

6.3.3.2.7 Se permite el uso de dispositivos DR con fuente auxiliar que no actúen automáticamente en el caso de falla de la fuente auxiliar si la instalación en la cual el dispositivo fuese utilizado tuviese su operación, supervisión y mantenimiento bajo responsabilidad de personas prevenidas (BA4) o calificadas (BA5) conforme a la tabla 18.

NOTA La fuente auxiliar puede ser la propia red de alimentación.

6.3.3.2.8 En el esquema TN-S y en el tramo TN-S del esquema TN-C-S, el dispositivo DR puede ser utilizado normalmente en la protección contra choques eléctricos por seccionamiento automático de la alimentación, con relación al dispositivo por sobrecorriente, y puede constituir, además, alternativa a las dificultades en el cumplimiento de 5.1.2.2.4.2-d) con el uso de dispositivo por sobrecorriente. Los equipos o partes de la instalación en que haya tal dificultad pueden ser entonces protegidas por dispositivo DR. En el caso que no sea posible conectar las masas del circuito así protegido al conductor de protección aguas arriba del dispositivo DR, las mismas pueden ser conectadas colectivamente a algún electrodo de puesta a tierra cuya resistencia de puesta a tierra sea compatible con la corriente de actuación del dispositivo DR. Pero el circuito en cuestión se convierte en un esquema TT y debe ser así considerado, quedando sujeto a las prescripciones de 5.1.2.2.4.3, observándose también las disposiciones pertinentes de 5.1.2.2.3, en particular los requisitos de 5.1.2.2.3.3, 5.1.2.2.3.4 y 5.1.2.2.3.5.

6.3.3.2.9 En el esquema IT, cuando la función de seccionamiento automático buscando la protección contra choques eléctricos fuese proveída por dispositivo DR y el seccionamiento en la ocurrencia de una primera falla fuese no deseado, la corriente diferencial-residual de no-actuación del dispositivo debe ser superior o, como mínimo, igual a la corriente de primera falla, admitiéndose falla directa a tierra envolviendo cualquiera de los conductores de fase.

6.3.3.3 Dispositivos supervisores de aislacion (DSA)

El DSA previsto en 5.1.2.2.4.4-d) debe indicar cualquier reducción significativa en el nivel de aislación de la instalación, para que la causa de esta reducción sea encontrada antes de la ocurrencia de la segunda falla, evitándose así, la desconexión de la alimentación. Cualquier modificación en el ajuste del DSA, presumiblemente inferior al valor indicado en la tabla 60, solo debe ser posible mediante la liberación del mecanismo de bloqueo y por personal autorizado.

6.3.4 Dispositivos de protección contra sobrecorrientes

6.3.4.1 Disposiciones generales

6.3.4.1.1 En los dispositivos fusibles en que el porta fusible es del tipo roscado, las conexiones de la base deben ser de modo que el contacto central se sitúe del lado de la "fuente".

6.3.4.1.2 Las bases de dispositivos fusibles en que el portafusible es del tipo enchufable deben ser dispuestas de modo a evitar que la manipulación del portafusible pueda resultar en contacto accidental entre partes conductoras pertenecientes a bases contiguas.

6.3.4.1.3 Los dispositivos fusibles destinados al uso de personas que no sean prevenidas ni calificadas (conforme tabla 18), incluyendo acciones de sustitución o de retiro de los fusibles, deben tener características constructivas que atiendan a las prescripciones de seguridad de la ABNT NBR IEC 60269-3. Se admiten dispositivos fusibles o dispositivos combinados propios para uso por personas prevenidas o calificadas (conforme tabla 18), y en situaciones en las cuales el cambio o retiro de los fusibles solamente pueda ser realizada por estas personas, si los dispositivos fueran instalados de modo a garantizar que el retiro o colocación del fusible sea realizada sin riesgo de contacto accidental con partes activas.

6.3.4.1.4 Los interruptores automáticos sujetos a acciones o intervenciones de personas que no sean prevenidas ni calificadas (conforme tabla 18) deben tener características constructivas o ser instalados de modo que no sea posible alterar el seguro de sus disparadores de sobrecorriente si no mediante la acción voluntaria que requiera el uso de llave o herramienta y que la ocurrencia de esta acción sea claramente visible.

NOTA La violación del lacre o sello es un ejemplo de lo que se considera "claramente visible" de tales alteraciones.

6.3.4.2 Selección de los dispositivos de protección contra sobrecargas

La corriente nominal o de ajuste del dispositivo de protección debe ser seleccionada conforme 5.3.4.1. En el caso de cargas cíclicas, los valores de I_n y de I_2 deben ser seleccionados con base a los valores de I_B y de I_z para cargas constantes termicamente equivalentes a las cargas cíclicas.

NOTA En ciertos casos, para evitar actuación indeseada, debe ser considerado el valor de cresta de las corrientes de carga.

6.3.4.3 Selección de los dispositivos de protección contra cortocircuitos

6.3.4.3.1 Dispositivos fusibles

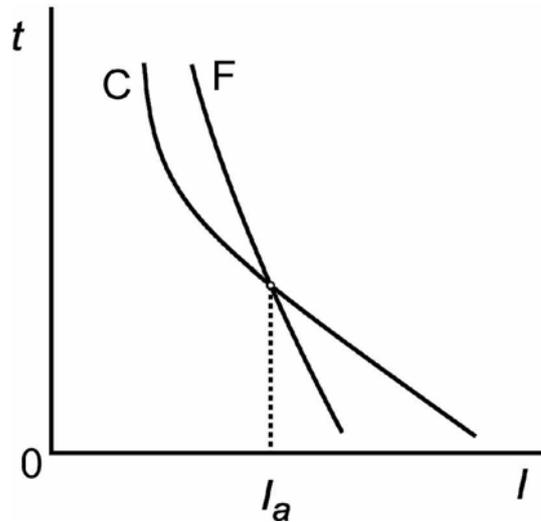
Para la aplicación de las prescripciones de 5.3.5 a cortocircuitos de duración como máximo igual a 5 s, los dispositivos fusibles deben atender la siguiente condición:

$$I_a \leq I_{kmin}$$

donde:

I_a es la corriente correspondiente a la intersección de las curvas C y F de la figura 10, y

I_{kmin} es la corriente de cortocircuito mínima estimada.



Referencia:

C = curva de soportabilidad térmica del conductor;
 F = curva de fusión del fusible (límite superior del rango de actuación).

Figura 10 — Intersección de la curva de soportabilidad térmica del conductor con la curva de fusión del fusible

6.3.4.3.2 Interruptor automático

Para la aplicación de las prescripciones de 5.3.5 a cortocircuitos de duración como máximo igual a 5 s, los interruptores automáticos deben atender a las dos siguientes condiciones:

- a) $I_a \leq I_{kmin}$;
- b) $I_b \geq I_k$.

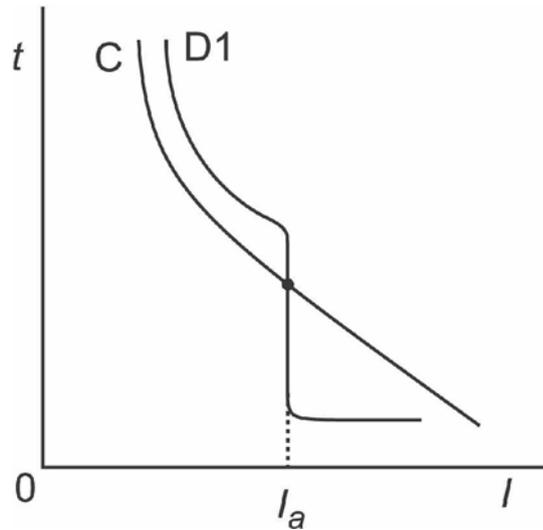
donde:

I_a es la corriente correspondiente a la intersección de las curvas C y D1 de la figura 11;

I_{kmin} es la corriente de cortocircuito mínima estimada;

I_b es la corriente correspondiente a la intersección de las curvas C' y D2 de la figura 12; y

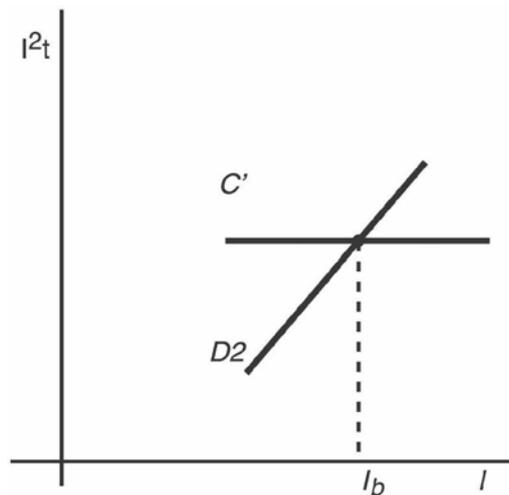
I_k es la corriente de cortocircuito máxima estimada en el punto de instalación del interruptor automático.



Referencia:

C = curva de soportabilidad térmica del conductor;
D1 = curva de actuación del interruptor automático.

Figura 11 — Intersección de la curva de soportabilidad térmica del conductor con la curva de actuación del interruptor automático



Referencia:

C' = curva I^2t admisible del conductor (tramo de la curva);
D2 = curva característica I^2t del interruptor automático (tramo de la curva).

Figura 12 — Intersección de la curva de la integral de joule (I^2t) soportada por el conductor con la curva de la integral de joule (I^2t) que el interruptor automático deja pasar

NOTAS (comunes a 6.3.4.3.1 y 6.3.4.3.2)

1 Para corrientes de cortocircuito cuya duración sea superior a varios periodos, la integral de joule I^2t del dispositivo de protección puede ser calculada multiplicándose el cuadrado del valor eficaz de la corriente de actuación $I(t)$ del dispositivo de protección por el tiempo de actuación t . Para corrientes de cortocircuito de duración menor, deben ser consultadas las características I^2t proporcionadas por el fabricante.

2 Para efectos de verificación de las condiciones especificadas en 6.3.4.3.1 y 6.3.4.3.2, se considera la corriente de cortocircuito mínima estimada como aquella correspondiente a un cortocircuito de impedancia despreciable que ocurra en el punto más distante de la línea protegida.

6.3.5 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS)

6.3.5.1 Generalidades

Esta subsección trata de la selección e instalación de dispositivos destinados a proveer protección contra sobretensiones transitorias en las instalaciones de edificaciones, cubriendo tanto las líneas de energía como las líneas de señal.

6.3.5.2 Protección en líneas de energía

6.3.5.2.1 Uso y localización de los DPS

En los casos en que fuera necesario el uso de DPS, como está previsto en 5.4.2.1.1, y en los casos en que ese uso fuera especificado, independientemente de las consideraciones de 5.4.2.1.1, la disposición de los DPS debe respetar los siguientes criterios:

- a) cuando el objetivo fuera la protección contra sobretensiones de origen atmosférica transmitidas por la línea externa de la alimentación, así como la protección contra sobretensiones de maniobra, los DPS deben ser instalados junto al punto de entrada de la línea en la edificación o en el tablero de distribución principal, localizado lo más próximo posible del punto de entrada; o
- b) cuando el objetivo fuera la protección contra sobretensiones provocadas por descargas eléctricas atmosféricas directas sobre la edificación o en sus proximidades, los DPS deben ser instalados en el punto de entrada de la línea en la edificación.

NOTAS

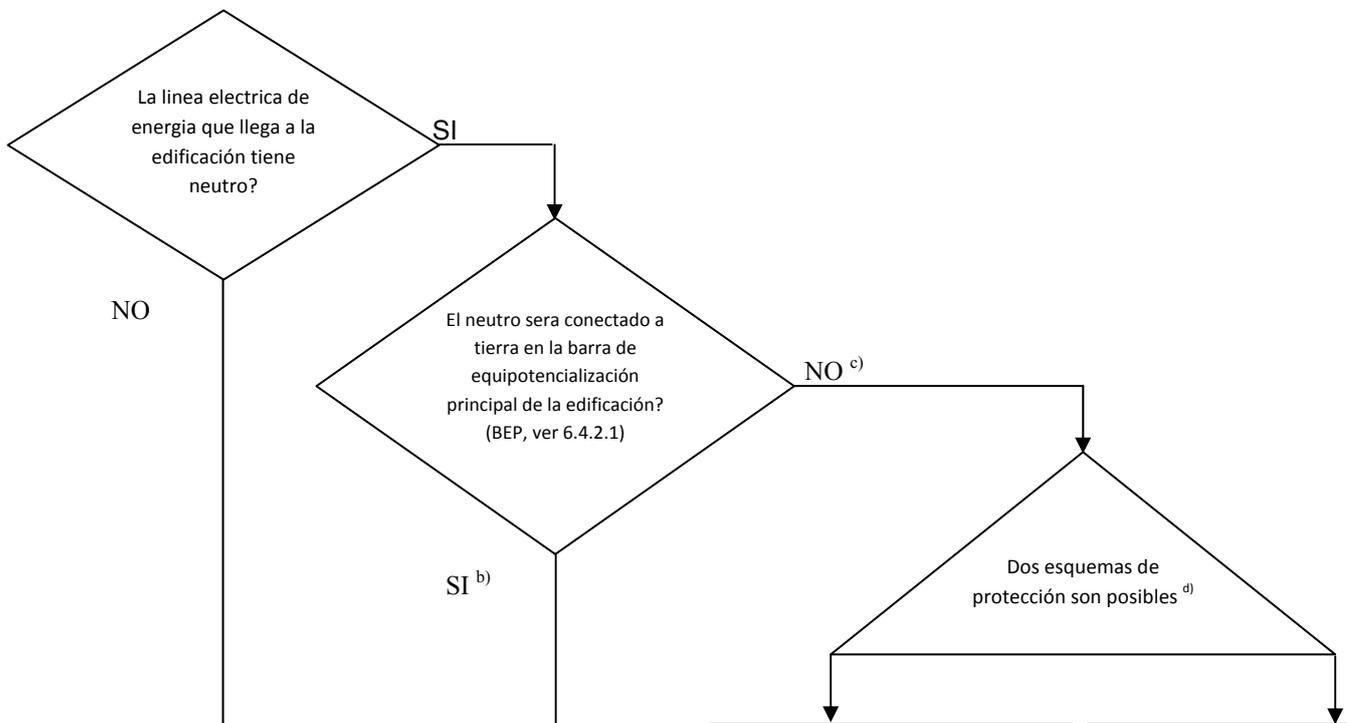
- 1 Ver definición de "punto de entrada (en la edificación)" (3.4.4).
- 2 Excepcionalmente, en el caso de instalaciones existentes, de unidades consumidoras en edificaciones de uso individual atendidas por la red pública de distribución en baja tensión, se admite que los DPS sean dispuestos junto a la caja de medición, siempre que la barra PE utilizada para la conexión de los DPS sea interligada a la barra de equipotencialización principal de la edificación (BEP), conforme se exige en 6.4.2.1, y siempre que la caja de medición no diste más de 10 m del punto de entrada en la edificación.
- 3 Pueden ser necesarios DPS adicionales, para la protección de equipos sensibles. Estos DPS deben ser coordinados con los DPS de aguas arriba y de aguas abajo (ver 6.3.5.2.4-f).
- 4 Cuando los DPS hicieran parte de la instalación fija, y no estuvieran alojados en tableros de distribución (por ejemplo, incorporados a las tomacorrientes), su presencia debe ser indicada por medio de etiqueta, o de algún tipo de identificador similar, en el origen o lo más próximo posible del origen del circuito en el cual se encuentra inserto.

6.3.5.2.2 Instalación de los DPS en el punto de entrada o en el tablero de distribución principal

Cuando los DPS fueran instalados, conforme se indica en 6.3.5.2.1, junto al punto de entrada de la línea eléctrica en la edificación o en el tablero de distribución principal, lo más próximo posible del punto de entrada, ellos serán dispuestos minimamente como se indica en la figura 13.

NOTAS

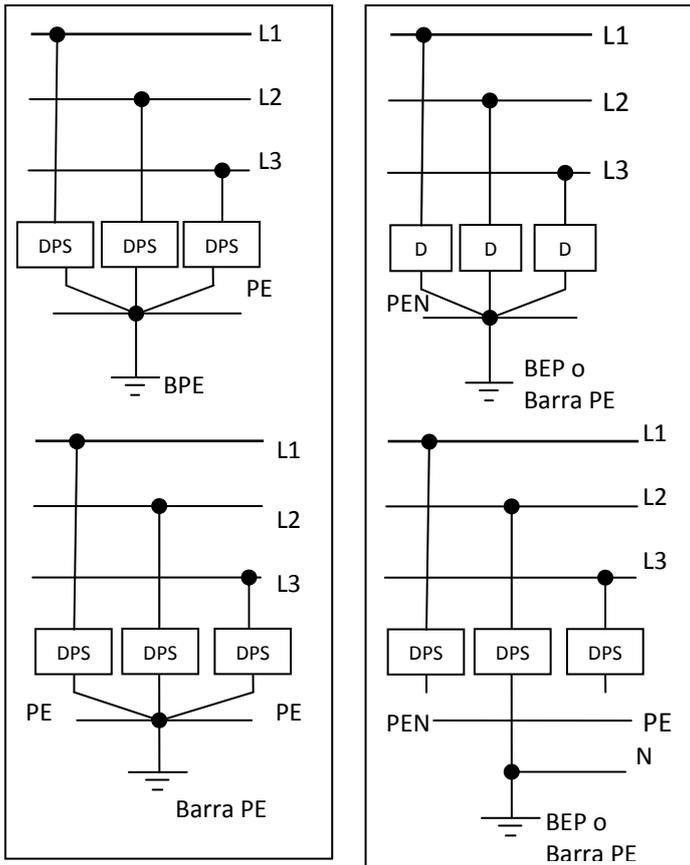
- 1 La disposición de los DPS conforme a la figura 13 cubre esencialmente la protección de modo común, sin excluir, portantoo, una protección complementaria de modo diferencial (conexión de DPS entre conductores activos).
- 2 Cuando a edificación contenga más de una línea de energía externa, deben ser provistos DPS como mínimo en el punto de entrada o de salida de cada línea.



ESQUEMA DE CONEXIÓN 1

Los DPS deben ser conectados:

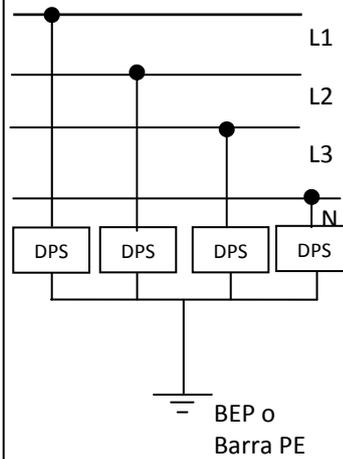
- A cada conductor de fase, de un lado, y
- A la BEP o a la barra PE del tablero de otro (ver nota A)



ESQUEMA DE CONEXIÓN 2

Los DPS deben ser conectados:

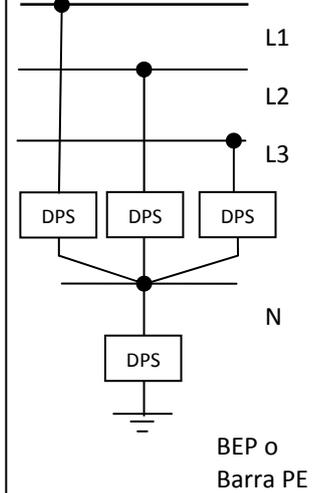
- A cada conductor de fase, de un lado, y
 - A la BEP o a la barra PE del tablero de otro (ver nota b)
- Y también:
- A cada conductor neutro, de un lado, y
 - A la BEP o a la barra PE del tablero de otro (ver nota a)



ESQUEMA DE CONEXIÓN 3

Los DPS deben ser conectados:

- A cada conductor de fase, de un lado, y
 - Al conductor neutro del otro;
- y también:
- A cada conductor neutro, de un lado, y
 - A la BEP o a la barra PE del tablero de otro (ver nota a)



NOTAS

a) La conexión a la BEP o a la barra PE depende de donde, exactamente, los DPS serán instalados y de como la BEP es implementada, en la práctica. Así, la conexión será a la BEP cuando:

- la BEP se sitúe aguas arriba del tablero de distribución principal (con la BEP localizada, como debe ser, lo más próximo posible del punto de entrada de la línea en la edificación) y los DPS fueran instalados, entonces, junto a la BEP, y no en el tablero; o
- los DPS fueran instalados en el tablero de distribución principal de la edificación y la barra PE del tablero asuma la función de la BEP.

Por consecuencia, la conexión será en la barra PE, propiamente dicha, cuando los DPS fueran instalados en el tablero de distribución y la barra PE del tablero no asuma la función de la BEP.

b) La hipótesis establece un esquema que entra TN C y que continúa dentro de la instalación TN C, o que entra TN C y luego pasa a TN S (también, como requiere la regla general de 5.4.3.6). El neutro de entrada, necesariamente PEN, debe ser conectado a tierra en la BEP, directa o indirectamente (ver figura G.2). El paso del esquema TN C a TN S, con la separación del conductor PEN de llegada en conductor neutro y conductor PE, sería realizada en el tablero de distribución principal (globalmente, el esquema es TN-C-S).

c) La hipótesis configura tres posibilidades de esquema de puesta a tierra: TT (con neutro), IT con neutro y línea que entra en la edificación ya en esquema TN S.

d) Hay situaciones en que uno de los dos esquemas se vuelve obligatorio, como el caso relacionado en el ítem b) de 6.3.5.2.6

Figura 13 — Esquemas de conexión de los DPS en el punto de entrada de la línea de energía o en el tablero de distribución principal de la edificación

Hasta aquí lectura del 20 de noviembre de 2012

6.3.5.2.3 Conexión de los DPS en puntos a lo largo de la instalación

Cuando, además de los DPS especificados en 6.3.5.2.2, fueran necesarios DPS adicionales, conforme esta previsto en la nota 3 de 6.3.5.2.1, estos DPS deben ser conectados, observándose la misma orientación indicada en la figura 13. Así, los DPS deben ser conectados:

- a) en esquema TN-S, esquema TT con neutro y esquema IT con neutro:
- entre cada fase y PE y entre neutro y PE (esquema de conexión 2); o
 - entre cada fase y neutro y entre neutro y PE (esquema de conexión 3);
- b) en circuitos sin neutro, cualquiera que sea el esquema de puesta a tierra:
- entre cada fase y PE (esquema de conexión 1);
- c) en esquema TN-C:
- entre cada fase y PE (PEN) (esquema de conexión 1).

NOTAS

1 La disposición de los DPS es también considerada mínima, porque no incluye una protección complementaria de modo diferencial (conexión de DPS entre conductores activos).

2 Todo DPS dispuesto a lo largo de la instalación debe ser coordinado con aquellos de aguas arriba y aguas abajo (ver 6.3.5.2.4 f).

6.3.5.2.4 Selección de los DPS

Los DPS deben atender la IEC 61643-1 y ser seleccionados en base como mínimo a las siguientes características: nivel de protección, máxima tensión de operación continua, soportabilidad a sobretensiones temporarias, corriente nominal de descarga y/o corriente de impulso y soportabilidad a la corriente de cortocircuito. Además de eso, cuando utilizados en más de un punto de la instalación (en cascada), los DPS deben ser seleccionados teniendo en cuenta también su coordinación. Las condiciones a ser satisfechas, en la selección del DPS, son presentadas en los ítems a) a f) a continuación:

- a) nivel de protección (U_p) – El nivel de protección del DPS debe ser compatible con la categoría II de soportabilidad a impulsos indicada en la tabla 31. En el caso de conexiones conforme al esquema 3 (ver figura 13), el nivel de protección exigido se refiere al nivel global, esto es, entre fase y PE. Cuando el nivel de protección exigido, cualquiera sea el esquema de conexión, no puede ser atendido con un solo conjunto de DPS, deben ser proveídos DPS adicionales, debidamente coordinados, de modo que el nivel de protección requerido sea satisfecho.

NOTAS

1 La exigencia de que el nivel de protección sea compatible con la categoría II de soportabilidad a impulsos significa que en una instalación con tensión nominal de, por ejemplo, 220/380 V, el nivel de protección U_p del DPS no debe ser superior a 2,5 kV. El requisito se refiere a la protección de modo común y es válido, en particular, cuando el DPS es único, posicionado en el punto de entrada o el en tablero de distribución principal. Los DPS adicionales y, en particular, aquellos destinados a la protección de equipos alimentados entre fase y neutro (protección diferencial), deben tener un nivel de protección menor.

2 La efectividad de la protección proveída por un DPS depende de los cuidados en su instalación y, por tanto, de la observancia de las prescripciones pertinentes contenidas en esta Norma. Este aspecto es aun mas crítico en el caso de DPS conectado entre fase y neutro.

- b) Máxima tensión de operación continua (U_c) - La tensión máxima de operación continua (U_c) del DPS debe ser igual o superior a los valores indicados en la tabla 49.

Tabla 49 – Valor mínimo de U_c requerido al DPS, en función del esquema de puesta a tierra

DPS conectado entre				Esquema de puesta a tierra				
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S	IT con neutro distribuído	IT sin neutro distribuído
X	X			1,1 U_o		1,1 U_o	1,1 U_o	
X		X		1,1 U_o		1,1 U_o	$\sqrt{3} U_o$	U
X			X		1,1 U_o			
	X	X		U_o		U_o	U_o	

NOTAS

- 1 Ausencia de indicación significa que la conexión considerada no se aplica al esquema de puesta a tierra.
- 2 U_o es la tensión fase-neutro.
- 3 U es la tensión entre fases.
- 4 Los valores adecuados de U_c pueden ser significativamente superiores a los valores mínimos de la tabla.

- c) Sobretensiones temporarias - El DPS debe atender a los ensayos pertinentes especificados en la IEC 61643-1.

NOTA La IEC 61643-1 preve que el DPS soporte las sobretensiones temporarias de corrientes de fallas en la instalación BT y que los DPS conectables al PE, y cuando se encuentren conectados, no ofrezcan ningun riesgo a la seguridad en caso de destrucción provocada por sobretensiones temporarias debidas a fallas en la media tensión y por perdida del neutro.

- d) Corriente nominal de descarga (I_n) y corriente de impulso (I_{imp}) – En la selección de la corriente nominal de descarga y/o de la corriente de impulso del DPS, se distinguen tres situaciones :

- cuando el DPS fuera destinado a la protección contra sobretensiones de origen atmosférica transmitidas por la línea externa de alimentación y contra sobretensiones de maniobra, su corriente nominal de descarga I_n no debe ser inferior a 5 kA (8/20 μ s) para cada modo de protección. Aun, I_n no debe ser inferior a 20 kA (8/20 μ s) en redes trifásicas, o a 10 kA (8/20 μ s) en redes monofásicas, cuando el DPS fuera usado entre neutro y PE, en el esquema de conexión 3 indicado en la figura 13;
- cuando el DPS fuera destinado a la protección contra sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas directas sobre la edificación o en sus proximidades, su corriente de impulso I_{imp} debe ser determinada con base a la IEC 61312-1; si el valor de la corriente no pudiera ser determinado, I_{imp} no debe ser inferior a 12,5 kA para cada modo de protección. En el caso de DPS usado entre neutro y

PE, en el esquema de conexión 3 (ver figura 13), I_{imp} también debe ser determinada conforme la IEC 61312-1; o, en el caso que el valor de la corriente no pueda ser determinado, I_{imp} no debe ser inferior a 50 kA para una red trifásica o 25 kA para una red monofásica;

NOTA El ensayo para la determinación de la corriente de impulso (I_{imp}) de un DPS está basado en un valor de cresta de corriente, dado en kA, y un valor de carga, dado en culombs (A.s). No está fijada una forma de onda particular para la realización de este ensayo y, portanto, esa forma de onda puede ser la 10/350 μ s, a 10/700 μ s, la 10/1000 μ s o también, la 8/20 μ s, no descartándose otras. Tampoco son fijadas restricciones en cuanto al tipo de DPS que puede ser sometido a tal ensayo —cortocircuitante, no cortocircuitante, o combinado.

- cuando el DPS fuera destinado, simultáneamente, a la protección contra todas las sobretensiones relacionadas en las dos situaciones anteriores, los valores de I_n y de I_{imp} del DPS deben ser determinados, individualmente, como se especifica arriba.
- e) Soportabilidad a la corriente de cortocircuito – teniendo a la vista la posibilidad de falla del DPS, su soportabilidad a las corrientes de cortocircuito, ya teniendo en cuenta la acción del dispositivo de protección contra sobrecorrientes que la integran o fuera especificado por el fabricante, debe ser igual o superior a la corriente de cortocircuito estimada en el punto en que será instalado. Además de eso, cuando el DPS incorpora centellador(es), la capacidad de interrupción de corriente siguiente declarada por el fabricante debe ser igual o superior a la corriente de cortocircuito estimada en el punto de instalación del dispositivo. Para los DPS a ser conectados entre neutro y el PE, la capacidad de interrupción de corriente posterior debe ser de cómo mínimo 100 A, en esquema TN o TT, y debe ser la misma que los DPS conectados entre fase y neutro, en el caso de esquema IT.
- f) coordinación de los DPS - Los fabricantes de DPS deben proporcionar, en su documentación, instrucciones claras y suficientes sobre cómo obtener coordinación entre los DPS dispuestos a lo largo de la instalación.

6.3.5.2.5 Falla del DPS y protección contra sobrecorrientes

La posibilidad de falla interna, haciendo que el DPS entre en cortocircuito, impone la necesidad de dispositivo de protección contra sobrecorrientes, para eliminar tal cortocircuito. Los ítems a) a c) a continuación presentan los cuidados a ser tenidos en cuenta con vista al riesgo de falla del DPS, así como las alternativas de configuraciones que permitan, en la hipótesis de falla del DPS, priorizar la continuidad del servicio o la continuidad de la protección.

NOTA Para mayor claridad y simplicidad, conviene adoptar, en esta subsección, la abreviatura DP para designar el dispositivo de protección contra sobrecorrientes.

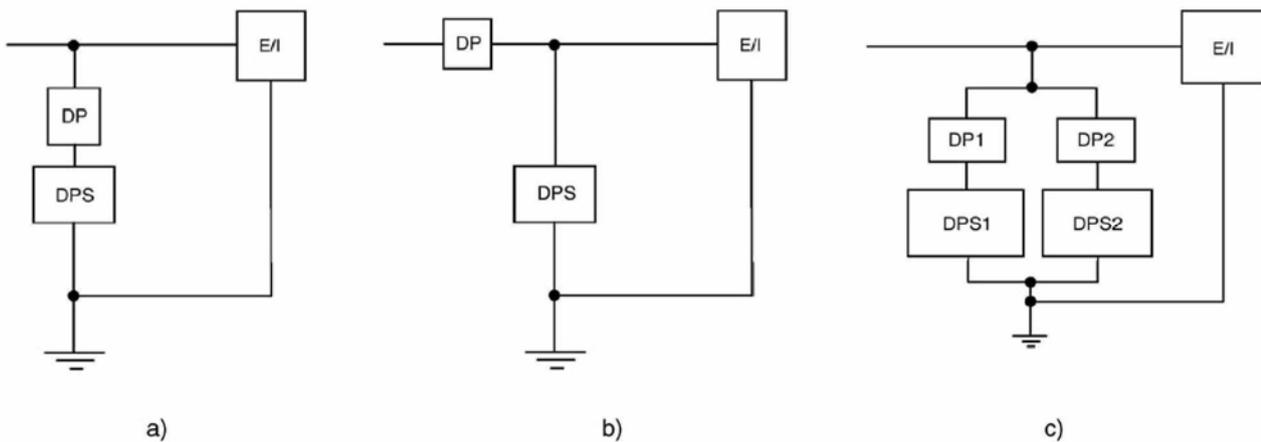
- a) posicionamiento del DP - La protección contra sobrecorrientes destinada a eliminar un cortocircuito que ocurra por falla del DPS puede ser dispuesta:
- En la propia conexión del DPS, representada por el DP de la figura 14-a, siendo que ese DP puede ser inclusive la protección interna que eventualmente integra el DPS;
 - En el circuito al cual está conectado el DPS, representado por el DP de la figura 14-b, que corresponde generalmente al propio dispositivo de protección contra sobrecorrientes del circuito.

Suponiendo, como requiere esta Norma, que todas las protecciones contra sobrecorrientes de la instalación sean debidamente coordinadas (selectivas), la primera opción de posicionamiento del DP (figura 14-a) asegura continuidad del servicio, pero significa ausencia de protección contra cualquier nueva sobretensión que pueda ocurrir. En la segunda opción (figura 14-b), por segunda vez, la continuidad de servicio puede ser afectada, una vez que la actuación del DP, debido a la falla del DPS, interrumpe la alimentación del circuito, situación que perdura hasta la sustitución del DPS.

Una tercera opción, que ofrece mayor probabilidad de obtener tanto continuidad de servicio como continuidad de protección, es aquella indicada en la figura 14-c. En este caso, son usados dos DPS idénticos (DPS1 y DPS2), cada uno protegido por un DP específico, inserto en la conexión del DPS respectivo, siendo los dos DP también idénticos. La mayor confiabilidad del esquema proviene, por tanto, de la redundancia adoptada.

- b) selección del DP - El DP destinado a eliminar un cortocircuito que ocurra por falla del DPS, sea este un DP específicamente previsto para tal (como el DP de la figura 14-a), sea este el propio DP del circuito al cual está conectado el DPS (dispositivo DP de la figura 14-b), debe poseer corriente nominal inferior o como máximo igual a la indicada por el fabricante del DPS.
- c) conductores de conexión - La sección nominal de los conductores destinados a conectar un DP específicamente previsto para eliminar un cortocircuito que ocurra por falla del DPS (como el DP de

la figura 14-a) a los conductores de fase del circuito debe ser dimensionada teniendo en cuenta la máxima corriente de cortocircuito susceptible de circular por la conexión.



DP: dispositivo de protección contra sobrecorrientes

DPS: dispositivo de protección contra sobretensiones

E/I: equipo/instalación a ser protegida contra sobretensiones

Figura 14 — Posibilidades de posicionamiento del dispositivo de protección contra sobrecorrientes

6.3.5.2.6 Protección contra choques eléctricos y compatibilidad entre los DPS y dispositivos DR

Deben ser atendidas las prescripciones a) y b) siguientes:

- a) ninguna falla del DPS, aunque sea eventual, debe comprometer la efectividad de la protección contra choques proveída a un circuito o a la instalación;
- b) cuando los DPS fueran instalados, conforme se indicada en 6.3.5.2.1, junto al punto de entrada de la línea eléctrica en la edificación o en el tablero de distribución principal, lo mas próximo posible del punto de entrada, y la instalación fuera ahí dotada de uno o mas dispositivos DR, los DPS pueden ser posicionados aguas arriba o aguas abajo de (los) dispositivo(s) DR, respetando las siguientes condiciones:
 - cuando la instalación fuera TT y los DPS fueran posicionados aguas arriba de(los) dispositivo(s) DR, los DPS deben ser conectados conforme el esquema 3 (ver figura 13);
 - cuando los DPS fueran posicionados aguas abajo del (los) dispositivo(s) DR, estos dispositivos DR, sean ellos instantáneos o temporizados, deben soportar corrientes de impulso, como mínimo de 3 kA (8/20 μ s).

NOTA Los dispositivos tipo S conforme la IEC 61008-2-1 y 61009-2-1 constituyen un ejemplo de dispositivo DR que satisfacen tal requisito de soportabilidad.

6.3.5.2.7 Medición de la resistencia de aislación

Los DPS pueden ser desconectados para la realización de la medición de resistencia de aislación prevista en 7.3.3, en caso que sean incompatibles con la tensión de ensayo adoptada. Esto excluye los DPS incorporados a las tomacorriente y conectados al PE, que deban soportar tal ensayo.

6.3.5.2.8 Indicación del estado de los DPS

Cuando el DPS, debido a la falla o deficiencia, deja de cumplir su función de protección contra sobretensiones, esta condición debe ser evidenciada:

- por un indicador de estado; o
- por un dispositivo de protección de una parte, como se preve en 6.3.5.2.5.

6.3.5.2.9 Conductores de conexión del DPS

La longitud de los conductores destinados a conectar el DPS (conexiones fase-DPS, neutro-DPS, DPS-PE y/o DPS-neutro, dependiendo del esquema de conexión, ver figura 13) debe ser lo más corto posible, sin curvas o lazos. De preferencia, la longitud total, como se ilustra en la figura 15-a, no debe exceder 0,5 m. Si la distancia $a + b$ indicada en la figura 15-a no pudiera ser inferior a 0,5 m, se puede adoptar el esquema de la figura 15-b.

En términos de sección nominal, el conductor de las conexiones DPS-PE, en el caso de DPS instalados en el punto de la entrada de la línea eléctrica en la edificación o en sus proximidades, debe tener sección como mínimo de 4 mm^2 en cobre o equivalente. Cuando este DPS fuera destinado a la protección contra sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas directas sobre la edificación o en sus proximidades, la sección nominal del conductor de las uniones DPS-PE debe ser como mínimo de 16 mm^2 en cobre o equivalente.

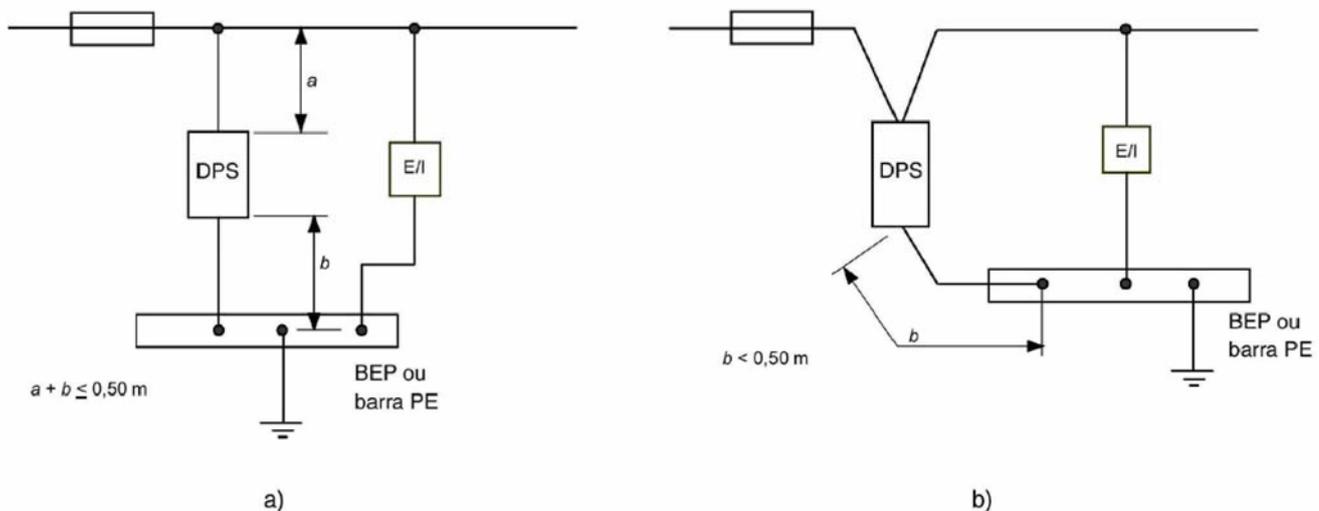


Figura 15 — Longitud máxima total de los conductores de conexión del DPS

6.3.5.3 Protección en líneas de señal

6.3.5.3.1 Localización de los DPS

La localización de los DPS destinados a la protección requerida en 5.4.2.2.1 debe ser como sigue:

- en el caso de línea proveniente de la red pública de telefonía, el DPS debe ser localizado en el distribuidor general (DG) de la edificación, situado junto al BEP (ver nota de 6.4.2.1.2);
- En el caso de línea externa proveniente de otra red pública que no sea de telefonía, el DPS debe ser localizado junto a la BEP; y
- en el caso de línea que se dirija a otra edificación o a construcciones anexas y, también, en el caso de línea asociada a antena externa o a estructuras en lo alto de la edificación, el DPS debe ser localizado junto a la BEL más próximo (eventualmente, junto a la BEP cuando el punto de salida o entrada de tal línea se sitúa, coincidentemente, próximo a la BEP).

6.3.5.3.2 Conexión de los DPS

Los DPS requeridos en 5.4.2.2.1 y los previstos en 5.4.2.2.2 deben ser conectados entre la línea de señal y la referencia de equipotencialización más próxima.

NOTA Dependiendo de la localización del DPS, la referencia de equipotencialización más próxima puede ser el BEP, la barra de tierra del DG, BEL, barra PE o, también, en el caso que el DPS sea instalado junto a algún equipo, el terminal vinculado a la masa de este equipo.

6.3.5.3.3 Selección del DPS

Los ítems a) a f) a continuación especifican las características exigibles de los DPS destinados a la protección de líneas de telefonía en par trenzado, asumiendo que el DPS sea instalado en el DG de la edificación, como se requiere en 6.3.5.3.1. El ítem g), finalmente, fija las características exigibles del DPS previsto en 5.4.3.2 y en 5.4.3.3, en la vinculación del blindaje o capa metálica de un cable de señal las equipotencializaciones o la masa de un equipo.

NOTA Los criterios para la selección de DPS destinados a la protección de otros tipos de línea de señal están en estudio.

- a) tipo de DPS - El DPS debe ser del tipo cortocircuitante, simples o combinado (incorporando limitador de sobretensión en paralelo).
- b) tensión de disparo c.c. - El valor de la tensión de disparo c.c. debe ser como máximo de 500 V y como mínimo 200 V, cuando la línea telefónica fuera balanceada puesta a tierra, o 300 V, cuando la línea telefónica fuera fluctuante.
- c) tensión de disparo impulsiva - El valor de la tensión de disparo impulsiva del DPS debe ser como máximo de 1 kV.
- d) corriente de descarga impulsiva - La corriente de descarga impulsiva del DPS debe ser como mínimo de 5 kA, cuando el blindaje de la línea telefónica fuera puesta a tierra, y como mínimo de 10 kA cuando el blindaje no fuera puesta a tierra. Se recomienda valores mayores en regiones críticas desde el punto de vista de la intensidad de los rayos.
- e) corriente de descarga c.a. - El valor de la corriente de descarga c.a. del DPS debe ser como mínimo de 10 A. Recomendándose valores mayores en regiones críticas desde el punto de vista de la intensidad de los rayos.
- f) protector de sobrecorriente - Cuando la línea telefónica fuera balanceada puesta a tierra, el DPS debe incorporar protector de sobrecorriente, con corriente nominal entre 150 mA y 250 mA. Cuando la línea telefónica fuera fluctuante, el DPS puede incorporar o no protector de sobrecorriente, pero en el caso que el DPS incorpore tal protector, la corriente nominal del protector se debe situar entre 150 mA y 250 mA.
- g) DPS para blindajes y capas metálicas - Cuando el blindaje o capa metálica de una línea de señal fuera conectada a las equipotencializaciones o vinculada a la masa de un equipo con la interposición de DPS, como se preve en 5.4.3.2 y en 5.4.3.3, el DPS a ser utilizado debe ser del tipo cortocircuitante, con tensión disruptiva c.c. entre 200 V y 300 V, corriente de descarga impulsiva como mínimo de 10 kA (8/20 μ s) y corriente de descarga c.a. como mínimo de 10 A (50 Hz/1 s).

6.3.5.3.4 Falla del DPS

El DPS debe ser del tipo "falla segura", incorporando protección contra sobrecalentamiento.

NOTA La protección contra sobrecalentamiento de un DPS para línea de señal actúa cortocircuitando a la línea a tierra.

6.3.5.3.5 Conductores de conexión del DPS

Las conexiones del DPS deben ser las más cortas y rectilíneas posibles.

6.3.6 Coordinación entre diferentes dispositivos de protección

6.3.6.1 Selectividad entre dispositivos de protección contra sobrecorrientes

Cuando por razones indicadas por la seguridad y/o por la utilización de la instalación eléctrica exigen que la continuidad de servicio no sea afectada sino minimamente por la ocurrencia de una falla, los dispositivos situados en serie deben tener sus características de actuación seleccionadas, de forma a garantizar que solamente el dispositivo responsable por la protección del circuito donde ocurre la falla llegue a actuar (selectividad).

6.3.6.2 Asociación entre dispositivos de protección a corriente diferencial-residual (DR) y dispositivos de protección contra sobrecorrientes

6.3.6.2.1 Cuando un dispositivo DR fuera incorporado o asociado a un dispositivo de protección contra sobrecorrientes, las características del conjunto de dispositivos (capacidad de interrupción, características de actuación en función de la corriente nominal) deben satisfacer las prescripciones de 5.3, 6.3.4.2 y 6.3.4.3.

6.3.6.2.2 Cuando un dispositivo DR no fuera incorporado ni asociado a un dispositivo de protección contra sobrecorrientes:

- a) la protección contra sobrecorrientes debe ser garantizada por dispositivos aptos a la función, conforme 5.3;
- b) el dispositivo DR debe soportar, sin daños, las solicitaciones térmicas y dinámicas a que estuviera sujeto en caso de cortocircuito aguas abajo de su punto de instalación; y
- c) el dispositivo DR no debe ser dañado en situaciones de cortocircuito, aunque este actúe, como resultado de un desequilibrio de corriente o de la circulación de corriente a tierra.

NOTA Las solicitaciones mencionadas dependen del valor de la corriente de cortocircuito estimada en el punto de instalación del DR y de las características de actuación del dispositivo de protección contra cortocircuitos.

6.3.6.3 Selectividad entre dispositivos DR

6.3.6.3.1 La selectividad entre dispositivos DR en serie puede ser exigida por razones de servicio, especialmente cuando se trata de la seguridad, de modo a mantener la alimentación de partes de la instalación que no están directamente afectadas por la ocurrencia de una falla.

6.3.6.3.2 Para garantizar la selectividad entre los dispositivos DR en serie, estos dispositivos deben satisfacer, simultáneamente, las siguientes condiciones:

- a) la característica tiempo-corriente de no actuación del dispositivo DR aguas arriba se debe ubicar por encima de la característica tiempo-corriente de actuación del dispositivo DR aguas abajo; y
- b) la corriente diferencial-residual nominal de actuación del dispositivo DR aguas arriba debe ser superior a la del dispositivo DR aguas abajo. En el caso de dispositivos DR conforme a la IEC 61008-2-1 y a la IEC 61009-2-1, la corriente diferencial-residual nominal de actuación del dispositivo DR aguas arriba debe ser por lo menos tres veces el valor de la corriente diferencial-residual nominal de actuación del dispositivo DR aguas abajo.

NOTA Para dispositivos DR conforme a la IEC 61008-2-1 y a la IEC 61009-2-1, la condición a) puede ser atendida utilizándose un dispositivo de uso general aguas abajo y dispositivo tipo S aguas arriba.

6.3.7 Dispositivos de seccionamiento y de comando

6.3.7.1 Generalidades

Todo dispositivo de seccionamiento o de comando debe satisfacer las prescripciones relativas a la función a que se destina, indicadas en 5.6. Si el dispositivo fuera utilizado para más de una función, este debe satisfacer las prescripciones de cada una de sus funciones.

NOTA En ciertos casos pueden ser necesarias prescripciones adicionales para las funciones combinadas.

6.3.7.2 Dispositivos de seccionamiento

6.3.7.2.1 El dispositivo de seccionamiento debe seccionar efectivamente todos los conductores activos de alimentación del circuito respectivo, observándose lo dispuesto en 5.6.2.2.

6.3.7.2.2 Los seccionadores e interruptores-seccionadores deben satisfacer los requisitos de 6.3.7.2.3 a 6.3.7.2.8 y las dos condiciones siguientes:

a) De ser nuevo, limpo y seco, y en la posición abierta, soportar, entre los terminales de cada polo, la tensión de impulso indicada en la tabla 50, de acuerdo con la tensión nominal de la instalación;

NOTA Distancias de apertura mayores que aquellas exigidas en el ensayo de tensión de impulso soportable pueden ser necesarias para atender a otros aspectos que no son el seccionamiento.

b) presentar una corriente de fuga entre polos abiertos de cómo máximo:

- 0,5 mA por polo, en la condición de nuevo, limpo y seco, y
- 6 mA al final de la vida útil del dispositivo, determinada de acuerdo con la norma aplicable,

cuando fuera ensayado, entre los terminales de cada polo, con una tensión igual a 110% del valor de la tensión entre fase y neutro, referido a la tensión nominal de la instalación. En caso de ensayo con corriente continua, el valor de la tensión debe ser equivalente al valor eficaz de la tensión de ensayo en corriente alterna.

Tabla 50 — Tensión de impulso soportable en función de la tensión nominal

Tensión nominal de la instalación		Tensión de impulso soportable para seccionadores y seccionadores-interruptores	
Sistemas trifásicos V	Sistemas monofásicos con neutro V	Categoría de sobretensiones III kV	Categoría de sobretensiones IV kV
-	220 - 240	3	5
220/380, 230/400, 277/480	-	5	8
400/690, 577/1000	-	8	10

NOTAS

- 1 En lo que refiere a sobretensiones atmosféricas, es realizada distinción entre sistemas con puesta a tierra y sin puesta a tierra.
- 2 Las tensiones de impulso soportable se refieren a una altitud de 2.000 m.
- 3 Las categorías de sobretensiones, también indicadas en la tabla 31, son explicadas en el anexo E. Los valores de soportabilidad indicados en la tabla 31 son valores mínimos y de carácter general, encuaneto los de esta tabla se refieren específicamente a seccionadores e interruptores-seccionadores.

6.3.7.2.3 La distancia de apertura entre los contactos del dispositivo debe ser visible o ser clara y confiablemente indicada por la marcación “Desconectado” o “Abierto”. Tal indicación debe aparecer solamente cuando la distancia de apertura fuera alcanzada en todos los polos del dispositivo.

NOTA Esta marcación puede ser realizada con los símbolos “ O ” e “ | ” indicando las posiciones abierto y cerrado, respectivamente.

6.3.7.2.4 No deben ser utilizados como elemento de seccionamiento dispositivos basados en semiconductores.

6.3.7.2.5 Los dispositivos de seccionamiento deben ser proyectados y/o instalados de modo a impedir cualquier cierre involuntario.

NOTA El cierre involuntario puede ser causado, por ejemplo, por choques mecánicos o por vibraciones.

6.3.7.2.6 Deben ser tomadas precauciones para evitar que dispositivos de seccionamiento propios para operación sin carga sean accionados involuntariamente o sin autorización.

NOTA Esta prescripción puede ser satisfecha instalándose el dispositivo en un local o recinto cerrado bajo llave, o trabado con candado. Una alternativa sería intertrabrar el dispositivo de seccionamiento con otro propio para operación con carga.

6.3.7.2.7 El seccionamiento debe ser efectuado por un dispositivo multipolar que seccione todos los polos de la respectiva alimentación. Sin embargo, con excepción de las aplicaciones prescritas en 6.3.7.3 (seccionamiento para mantenimiento mecánico) y 6.3.7.4 (seccionamiento de emergencia y parada de emergencia), se admite también el empleo de dispositivos unipolares contiguos, siempre que todos los polos de la respectiva alimentación sean seccionados.

NOTA El seccionamiento puede ser realizado, por ejemplo, por medio de:

- a) seccionadores e interruptores-seccionadores, multipolares o unipolares;
- b) enchufes y tomacorrientes;
- c) fusibles (remoción de);
- d) terminales especiales que eviten la desconexión de los conductores.

6.3.7.2.8 Los dispositivos de seccionamiento deben ser claramente identificados e indicar los circuitos por ellos seccionados.

6.3.7.3 Dispositivos de seccionamiento para mantenimiento mecánico

6.3.7.3.1 Los dispositivos de seccionamiento para mantenimiento mecánico deben ser dispuestos, de preferencia, en el circuito principal de alimentación. Cuando fueran utilizados interruptores para esa función, estos deben ser capaces de interrumpir la corriente de carga nominal correspondiente de la instalación. Los dispositivos deben seccionar todos los conductores activos, respetando las disposiciones de 5.6.2.2.

La interrupción del circuito de comando de un motor como medida de seccionamiento para mantenimiento mecánico es admitida solamente en los casos en que:

- seguridad adicional, por ejemplo bloqueo mecánico, o
- las Normas IEC vigentes de los dispositivos de comando utilizados

Garanticen una condición equivalente al seccionamiento directo de la alimentación principal.

NOTA El seccionamiento para mantenimiento mecánico puede ser realizado, por ejemplo, por medio de:

- a) seccionadores multipolares;
- b) interruptores-seccionadores multipolares;
- c) interruptores automáticos multipolares;
- d) dispositivos de comando actuando sobre contactores;
- e) enchufes y tomacorriente.

6.3.7.3.2 Los dispositivos de seccionamiento para mantenimiento mecánico, o los respectivos dispositivos de comando, deben ser de operación manual.

La distancia de apertura entre los contactos del dispositivo debe ser visible o ser clara y confiablemente indicada por la marcación "Desconectado" o "Abierto". Tal indicación debe aparecer solamente cuando la posición "Abierto" o "Desconectado" fuera alcanzada en todos los polos del dispositivo.

NOTA Esa marcación puede ser realizada con los símbolos " O " e " | " indicando las posiciones abierto y cerrado, respectivamente.

6.3.7.3.3 Los dispositivos de seccionamiento para mantenimiento mecánico deben ser trabados en la posición abierto y deben ser instalados de modo a impedir cualquier cierre involuntario.

NOTA El cierre involuntario puede ser causado, por ejemplo, por choques mecánicos o vibraciones.

6.3.7.3.4 Los dispositivos de seccionamiento para mantenimiento mecánico deben ser localizados, posicionados e identificados de tal forma que la ubicación y la posición sean los mas convenientes para la función a que se destinan y que ellos puedan ser rapida y facilmente reconocidos.

6.3.7.4 Dispositivos de seccionamiento de emergencia y de parada de emergencia

6.3.7.4.1 Los dispositivos de seccionamiento de emergencia deben se capaces de interrumpir la corriente de la carga nominal de la parte correspondiente a la instalación, teniendo en cuenta, eventualmente, corrientes de rotor bloqueado.

6.3.7.4.2 Los medios de seccionamiento de emergencia pueden ser constituídos por:

- a) un dispositivo de seccionamiento capaz de interrumpir directamente la alimentación pertinente; o
- b) una combinación de dispositivos, una vez accionados por una única operación, que interrumpa la alimentación pertinente.

En caso de parada de emergencia, puede ser necesario manter la alimentación, por ejemplo, para el frenado de las partes móviles.

NOTA El seccionamiento de emergencia puede ser efectuado, por ejemplo, por medio de:

- interruptores multipolares;
- interruptores automáticos multipolares;
- dispositivos de comando actuando sobre contactores.

6.3.7.4.3 En el caso de seccionamiento directo del circuito principal, se debe dar preferencia a los dispositivos con accionamiento manual. Los interruptores automáticos, los contactores y otros dispositivos accionados por comando a distancia deben abrir cuando es interrumpida la alimentación de las respectivas bobinas o disparadores, caso contrario deben ser empleadas otras técnicas que presenten seguridad equivalente.

6.3.7.4.4 Los elementos de comando (pulsador de interrupción general (hongos), botoneras, etc.) de los dispositivos de seccionamiento de emergencia deben ser claramente identificados, de preferencia por el color rojo, con un fondo contrastante.

6.3.7.4.5 Los elementos de comando deben ser facilmente accesibles a partir de los locales donde pueda ocurrir un peligro y, adicionalmente, cuando fuera el caso, de cualquier otro local de donde un peligro pueda ser eliminado a distancia.

6.3.7.4.6 Los elementos de comando de un dispositivo de seccionamiento de emergencia deben poder trabarse en la posición abierta del dispositivo, a menos que estos elementos y los de reenergización del circuito esten ambos bajo el control de la misma persona.

La liberación de un seccionamiento de emergencia no debe realimentar a partes correspondientes de la instalación.

6.3.7.4.7 Los dispositivos de seccionamiento de emergencia, inclusive los de parada de emergencia, deben ser ubicados, posicionados e identificados de tal forma que su ubicación y disposición sean las mas convenientes para la función a que se destinan y que estos puedan ser pronta y facilmente reconocibles.

6.3.7.5 Dispositivos de comando funcional

6.3.7.5.1 Los dispositivos de comando funcional deben tener características compatibles con las condiciones mas severas bajo las cuales puedan funcionar.

6.3.7.5.2 Los dispositivos de comando funcional pueden interrumpir la corriente sin necesariamente abrir los respectivos polos.

NOTAS

1 Dispositivos de comando a semiconductores son ejemplos de dispositivos capaces de interrumpir la corriente de un circuito sin abrir los respectivos polos.

2 El comando funcional puede ser realizado, por ejemplo, por medio de:

- interruptores;
- dispositivos a semiconductores;
- interruptores automáticos;
- contactores;
- telerruptores;
- enchufes y tomacorrientes con corriente nominal como maximo de 20 A.

6.3.7.5.3 Seccionadores, dispositivos fusibles y barras (*links*) no deben ser utilizados para comando funcional.

6.4 Puesta a tierra y equipotencialización

6.4.1 Puesta a tierra

6.4.1.1 Electrodo de puesta a tierra

6.4.1.1.1 Toda edificación debe disponer de una infraestructura de puesta a tierra, denominada "electrodo de puesta a tierra (jabalina de puesta a tierra)", siendo admitidas las siguientes opciones:

- a) preferencialmente, uso de las propias armaduras del hormigon de las fundaciones (ver 6.4.1.1.9); o
- b) uso de cintas, barras o cables metálicos, especialmente previstos, inmersos en el hormigón de las fundaciones (ver 6.4.1.1.10); o
- c) uso de mallas metálicas enterradas, en el nivel de las fundaciones, cubriendo el área de la edificación y complementadas, cuando sea necesario, por varillas verticales y/o cables dispuestos radialmente; o
- d) como mínimo, uso de anillo metálico enterrado, rodeando el perímetro de la edificación y complementado, cuando sea necesario, por varillas verticales y/o cables dispuestos radialmente.

NOTA Otras soluciones de puesta a tierra son admitidas en instalaciones provisionarias; en instalaciones al intemperie, como en patios y jardines; en locales de campamento, e instalaciones similares; y en la reforma de instalaciones de las edificaciones existentes, cuando la adopcion de cualquiera de las opciones indicadas en 6.4.1.1.1 fueran impracticables.

6.4.1.1.2 La infraestructura de puesta a tierra prevista en 6.4.1.1.1 debe ser proyectada de modo que:

- a) sea confiable y satisfaga los requisitos de seguridad de las personas;
- b) pueda conducir corrientes de falla a tierra sin riesgo de daños térmicos, termomecánicos y eletromecánicos, o de choques eléctricos causados por esas corrientes;
- c) cuando sea aplicable, cumpla también los requisitos funcionales de la instalación.

6.4.1.1.3 Como las opciones de electrodos de puesta a tierra indicadas en 6.4.1.1.1 son también reconocidas por la ABNT NBR 5419, ellas pueden y deben ser usadas conjuntamente por el sistema de protección contra descargas atmosféricas (SPDA) de la edificación, en las condiciones especificadas en aquella norma.

NOTA Torres de antenas deben ser incorporados al SPDA, conforme ABNT NBR 5419.

6.4.1.1.4 No se admite el uso de canalizaciones metálicas de agua ni de otras utilidades como electrodo de puesta a tierra, lo que no excluye a las medidas de equipotencialización prescritas en 6.4.2.

6.4.1.1.5 La infraestructura de puesta a tierra requerida en 6.4.1.1.1 debe ser accesible como mínimo junto a cada punto de entrada de los conductores y utilidades y en otros puntos que fueran necesarios a la equipotencialización de que se trata en 6.4.2.

NOTAS

1 Ver definición de “punto de entrada” (3.4.4 punto de entrada (en una edificación): Punto en que una línea externa ingresa a la edificación).

2 En el caso de electrodo embutido en el hormigón de las fundaciones, un ejemplo de procedimiento para volverlo accesible es descrito en 6.4.1.2.3.

6.4.1.1.6 Los materiales de los electrodos de puesta a tierra y las dimensiones de estos materiales deben ser seleccionados de modo a resistir a la corrosión y presentar resistencia mecánica adecuada. Desde el punto de vista de estos requisitos, la tabla 51 indica los materiales y las dimensiones mínimas comúnmente utilizables.

Tabla 51 — Materiales comúnmente utilizables en electrodos de puesta a tierra - Dimensiones mínimas del punto de vista de la corrosión y de la resistencia mecánica, cuando los electrodos fueran directamente enterrados

Material	Superficie	Forma	Dimensiones mínimas			
			Diámetro mm	Sección mm ²	Espesor del material mm	Espesor medio del revestimiento o μm
Acero	Galvanizado en caliente ¹⁾ o inoxidable ¹⁾	Cinta ²⁾		100	3	70
		Perfil		120	3	70
		Barra de sección circular ³⁾	15			70
		Cable de sección circular		95		50
		Tubo	25		2	55
	Capa de cobre	Barra de sección circular ³⁾	15			2000
	Revestida de cobre por electrodeposición	Barra de sección circular ³⁾	15			254

tabla 51 (conclusión)

Material	Superficie	Forma	Dimensiones mínimas			
			Diámetro mm	Sección mm ²	Espesor del material mm	Espesor media del revestimiento o μm
Cobre	Desnudo ¹⁾	Cinta		50	2	
		Cable de sección circular		50		
		Encordonado	1,8 (cada vena)	50		
		Tubo	20		2	
	Galvanizado	Cinta ²⁾		50	2	40
¹⁾ Puede ser utilizado para embutir en el hormigón. ²⁾ Cinta con cantos redondeados. ³⁾ Para electrodo de profundidad.						

HASTA AQUÍ LECTURA DEL 27 DE NOVIEMBRE DE 2012

6.4.1.1.7 Se debe considerar que las alteraciones en las condiciones del suelo (por ejemplo, resecamiento) y eventuales efectos de la corrosión no puedan elevar la resistencia de puesta a tierra a valores incompatibles con la protección contra choques eléctricos (caso de esquemas TT y de esquemas IT comparables al esquema TT en la situación de doble falla).

6.4.1.1.8 Cuando fueran utilizados diferentes metales en la infraestructura de puesta a tierra, se deben tomar precauciones contra los efectos de la corrosión electrolítica.

6.4.1.1.9 En los casos en que la infraestructura de puesta a tierra de la edificación fuera constituida por las propias armaduras embutidas en el hormigón de las fundaciones (armaduras de acero de los pilotes, de los bloques de fundación y vigas de fundación), se puede considerar que las interconexiones naturalmente existentes entre estos elementos son suficientes para obtener un electrodo de puesta a tierra con características eléctricas adecuadas, pudiendo ignorarse cualquier medida complementaria.

6.4.1.1.10 En las fundaciones en mampostería, la infraestructura de puesta a tierra puede ser constituida por cinta, barra o cable de acero galvanizado inmerso en el hormigón de las fundaciones, formando un anillo en todo el perímetro de la edificación. La cinta, barra o cable debe ser envuelto por una camada de hormigón como mínimo de 5 cm de espesor, a una profundidad de como mínimo 0,50 m. Las secciones mínimas de la cinta, barra o cable son aquellas indicadas en la tabla 51.

NOTA Si es utilizada cinta de acero, ella debe ser inmersa en hormigón en la posición vertical.

6.4.1.2 Conductores de puesta a tierra

6.4.1.2.1 La sección de los conductores de puesta a tierra debe ser dimensionada conforme 6.4.3.1. Para conductores enterrados en el suelo, la sección no debe ser inferior a las indicadas en la tabla 52.

Tabla 52 — Secciones mínimas de conductores de puesta a tierra enterrados en el suelo

	Protegido contra daños mecánicos	No protegido contra daños mecánicos
Protegido contra corrosión	Cobre: 2,5 mm ² Acero: 10 mm ²	Cobre: 16 mm ² Acero: 16 mm ²
No protegido contra corrosión	Cobre: 50 mm ² (suelos ácidos o alcalinos) Acero: 80 mm ²	

6.4.1.2.2 La conexión de un conductor de puesta a tierra al electrodo de puesta a tierra debe asegurar las características eléctricas y mecánicas requeridas.

NOTAS

1 Las conexiones al electrodo de puesta a tierra, por medio de conductores de puesta a tierra, deben ser tantas cuanto fueran necesarias a la equipotencialización de que se trata en 6.4.2. Así, dependiendo de las circunstancias, ellas pueden resumirse a una única conexión, entre la barra de equipotencialización principal referido en 6.4.2.1.3 y el electrodo de puesta a tierra, através del llamado “conductor de puesta a tierra principal”; como pueden incluir otras, destinadas, por ejemplo, a la conexión de masas de líneas externas, elementos conductores de utilidades internas y elementos conductores de la edificación directamente al electrodo de puesta a tierra, como se expone en la nota 1 de 6.4.2.1.3.

2 Sobre conexión de conductor de puesta a tierra a electrodo de puesta a tierra embutido en el hormigon de las fundaciones, ver 6.4.1.2.3.

6.4.1.2.3 La conexión de un conductor de puesta a tierra al electrodo de puesta a tierra embutido en el hormigon de las fundaciones (la propia armadura del hormigón, es decir, cinta, barra o cable inmerso en el hormigon, ver 6.4.1.1.9 y 6.4.1.1.10) debe ser realizada garantizando simultaneamente la continuidad eléctrica, la capacidad de conducción de corriente, la protección contra corrosión, inclusive electrolítica, y adecuada fijación mecánica. Esa conexión puede ser ejecutada, por ejemplo, recurriendo a dos elementos intermedios, conforme se describe a continuación:

- El primer elemento, que realiza la derivación del electrodo hacia afuera del hormigon, debe ser constituido por barra de acero zincado, con diámetro como mínimo de 10 mm, o cinta de acero galvanizado de 25 mm x 4 mm y unida al electrodo por soldadura eléctrica. La barra o cinta debe ser protegida contra corrosión;
- El segundo elemento, destinado a servir como punto de conexión del conductor de puesta a tierra, debe ser constituido por barra o conductor de cobre, unido al primer elemento mediante soldadura exotérmica (o proceso equivalente del punto de vista eléctrico y de la corrosión).

NOTAS

1 En el caso que el electrodo sea la armadura del hormigón, esa armadura debe tener, en el punto de conexión, una sección no inferior a 50 mm² y un diámetro de preferencia no inferior a 8 mm.

2 En alternativa a las soldadura eléctrica y exotérmica, pueden ser utilizados conectores adecuados, instalados conforme instrucciones del fabricante y de modo a garantizar una conexión equivalente, sin dañar el electrodo ni el conductor de puesta a tierra.

3 Conexiones con soldadura de estaño no aseguran resistencia mecánica adecuada.

6.4.2 Equipotencialización

6.4.2.1 Equipotencialización principal

6.4.2.1.1 En cada edificación se debe realizar una equipotencialización principal, reuniendo los siguientes elementos:

- a) las armaduras de hormigón armado y otras estructuras metálicas de la edificación;
- b) las cañerías metálicas de agua, de gas combustible, de alcantarillado, de sistemas de aire acondicionado, de gases industriales, de aire comprimido, de vapor etc., así como los elementos estructurales metálicos a ellas asociadas;
- c) los conductos metálicos de las líneas de energía y de señal que entran y/o salen de la edificación;
- d) los blindajes, marcos, coberturas y capas metálicas de cables de las líneas de energía y de señal que entran y/o salen de la edificación;
- e) los conductores de protección de las líneas de energía y de señal que entran y/o salen de la edificación;
- f) los conductores de interconexión provenientes de otros electrodos de puesta a tierra eventualmente existentes o previstos en el entorno de la edificación;
- g) los conductores de interconexión provenientes de electrodos de puesta a tierra de edificaciones vecinas, en los casos en que esta interconexión fuera necesaria o recomendable;
- h) el conductor neutro de la alimentación eléctrica, salvo que no exista, o si la edificación tuviera que ser alimentada, por cualquier motivo, en esquema TT o IT ;
- i) el(los) conductor(es) de protección principal(es) de la instalación eléctrica (interna) de la edificación.

NOTAS

1 En una propiedad debe haber tantas equipotencializaciones principales como edificaciones la compongan. Se admite que construcciones adyacentes distantes no más de 10 m de la edificación principal sean consideradas como eléctricamente integradas a esta, si las líneas eléctricas de energía y de señal y las líneas de utilidades a ellas destinadas tuviesen origen en la edificación principal y si la infraestructura de puesta a tierra del local no se limitara a la edificación principal, pero se ampliara también a las áreas de las construcciones anexas; o, entonces, si el electrodo de puesta a tierra de la edificación principal y el(los) de las construcciones anexas fueran interconectados. En caso contrario, todas las dependencias separadas de la edificación principal deben también ser provistas, individualmente, de una equipotencialización principal.

2 En el caso de cañería metálica de gas, cuando fuera requerida la inserción de capa aislante, esta debe ser provista de centellador, como determina la **ABNT NBR 5419**. La capa aislante puede ser necesaria para evitar problemas de corrosión o, de todos modos, especificada por la distribuidora de gas (ver anexo G).

6.4.2.1.2 Todos los elementos relacionados en 6.4.2.1.1 que fueran asociados a líneas externas deben ser conectados a la equipotencialización principal lo más próximo posible del punto en que entran y/o salen de la edificación.

NOTA Se recomienda que las entradas y salidas de líneas externas, en la edificación, sean concentradas, siempre que fuera posible, en un mismo punto.

6.4.2.1.3 En la proximidad del punto de entrada de la alimentación eléctrica debe ser provista una barra, denominada "Barra de Equipotencialización Principal" (BEP), a la cual todos los elementos relacionados en 6.4.2.1.1 puedan ser conectados, directa o indirectamente.

NOTAS

1 Si las demás líneas externas de la edificación convergieran en ese mismo punto, como se recomienda en la nota de 6.4.2.1.2, y si los elementos conductores de las utilidades internas fueran ahí accesibles, la equipotencialización principal puede ser implementada, por ejemplo, como se muestra en la figura G.1: los elementos conductores de las utilidades internas y de las líneas externas, son unidas directamente a la BEP, a través de conductores de equipotencialización, y la BEP es unida al electrodo de puesta a tierra de la edificación, a través del conductor de puesta a tierra principal. En el caso que las entradas de las diferentes líneas externas no sean convergentes, y eventualmente también alejadas de las utilidades internas, la equipotencialización principal puede resultar en una disposición semejante, por ejemplo, al de la figura G.3: algunos elementos son conectados directamente al electrodo de puesta a tierra de la edificación, a través de conductores de puesta a tierra; otros directamente a la BEP, via conductores de equipotencialización; y la BEP conectada, como en todos los casos, al electrodo de puesta a tierra de la edificación, a través del conductor de puesta a tierra principal.

2 Se admite que la barra PE del tablero de distribución principal de la edificación asuma la función de BEP. Para lo cual, este tablero debe estar ubicado lo más próximo posible del punto de entrada de la línea eléctrica en la edificación.

3 Ver definición de “punto de entrada (en una edificación)” (3.4.4).

6.4.2.1.4 La BEP debe proveer una conexión mecánica y eléctrica confiable. Todos los conductores conectados a la BEP deben disponer de la capacidad de desconexión individual, exclusivamente por medio de herramienta.

6.4.2.1.5 En los puntos de conexión de los conductores de equipotencialización a los elementos indicados en los ítems a) y b) de 6.4.2.1.1 debe ser provista de una etiqueta o placa con la siguiente inscripción: “*Conexión de seguridad - No tocar*”. Cuando fueran directamente accesibles, la propia BEP y los puntos de conexión con los electrodos indicados en los ítems f) y g) de 6.4.2.1.1 también deben ser provistos con la misma advertencia. La etiqueta o placa no debe ser fácilmente removible.

6.4.2.2 Equipotencializaciones complementarias (equipotencializaciones locales)

La realización de equipotencializaciones complementarias (equipotencializaciones locales) puede ser necesaria por razones de protección contra choques eléctricos, conforme se indica en 5.1.2.2, o por razones funcionales, incluyendo prevención contra perturbaciones electromagnéticas, conforme se indica en 5.4.3.5.

6.4.2.2.1 Equipotencialización complementaria previendo protección contra choques eléctricos

Los casos en que se exige o se recomienda la realización de equipotencializaciones locales con vista a la protección contra choques son tratados en 5.1.3.1 y en la sección 9.

NOTA Para equipotencialización por razones funcionales, ver 6.4.5.

6.4.2.3 Prescripciones para los conductores de las equipotencializaciones principal y complementarias

Los conductores de puesta a tierra y los conductores de equipotencialización deben atender a las prescripciones de 6.4.1.2 y de 6.4.4, respectivamente. Los conductores de interconexión de electrodos de puesta a tierra son considerados conductores de equipotencialización.

6.4.3 Conductores de protección (PE)

NOTAS

1 Para conductores de puesta a tierra, ver 6.4.1.2.

2 Para conductores de equipotencialización, ver 6.4.4.

6.4.3.1 Secciones mínimas

6.4.3.1.1 La sección de cualquier conductor de protección debe satisfacer las condiciones establecidas en 5.1.2.2 y ser capaz de soportar la corriente de falla estimada.

La sección de los conductores de protección debe ser calculada conforme 6.4.3.1.2, o seleccionada de acuerdo con 6.4.3.1.3. En ambos casos se deben considerar los requisitos de 6.4.3.1.4.

NOTA Los terminales destinados a los conductores de protección deben ser compatibles con las secciones dimensionadas por los criterios aquí establecidos.

6.4.3.1.2 La sección de los conductores de protección no debe ser inferior al valor determinado por la siguiente expresión, que se aplica solamente para tiempos de seccionamiento que no excedan 5 s:

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

donde:

S es la sección del conductor, en milímetros cuadrados;

I es el valor eficaz, en amperios, de la corriente de falla estimada, considerando falla directa;

t es el tiempo de actuación del dispositivo de protección responsable por el seccionamiento automático, en segundos;

k es un factor que depende del material del conductor de protección, de su aislación y otras partes, y de las temperaturas inicial y final del conductor. Las tablas 53 a 57 indican valores de k para diferentes tipos de conductores de protección.

En los casos en que la aplicación de la expresión resulte en secciones no normalizadas, deben ser utilizados conductores con la sección normalizada inmediatamente superior.

NOTAS

- 1 El efecto limitador de corriente de las impedancias del circuito y la capacidad limitadora del dispositivo de protección deben ser tomados en consideración en el cálculo de la sección.
- 2 Para limitaciones de temperatura en atmosferas explosivas, ver IEC 60079-0.
- 3 Los límites de temperatura para los diversos tipos de aislación son dados en la tabla 35 (ver también IEC 60724).

Tabla 53 — Factor k para conductor de protección aislado no incorporado a cable multipolar y no agrupados con otros cables

Material del conductor	Aislación	
	PVC ^(*)	EPR o XLPE
Cobre	143/133	176
Aluminio	95/88	116
Acero	52/49	64

(*) El valor más bajo se aplica a conductores con sección mayor que 300 mm².

NOTAS

- 1 La temperatura inicial considerada es de 30°C.
- 2 La temperatura final considerada es:
 - PVC hasta 300 mm²: 160°C;
 - PVC mayor que 300 mm²: 140°C;
 - EPR y XLPE: 250°C.

Tabla 54 — Factor k para conductor de protección desnudo en contacto con la cobertura del cable, pero no agrupado con otros cables

Material del conductor	Cobertura del cable	
	PVC	Polietileno
Cobre	159	138
Aluminio	105	91
Acero	58	50

NOTAS

- 1 La temperatura inicial considerada es de 30°C.
- 2 La temperatura final considerada es de 200°C para el PVC y 150°C para el polietileno.

Tabla 55 — Factor *k* para conductor de protección constituido por vena de cable multipolar o agrupado con otros cables o conductores aislados

Material del conductor	Aislación	
	PVC ^(*)	EPR o XLPE
Cobre	115/103	143
Aluminio	76/68	94
Acero	42/37	52

(*) El valor más bajo se aplica a conductores con sección mayor que 300 mm²

· NOTAS

1 La temperatura inicial considerada es de 70°C para el PVC y 90°C para el EPR y el XLPE.

2 La temperatura final considerada es:

- PVC hasta 300 mm²: 160°C;
- PVC mayor que 300 mm²: 140°C;
- EPR y XLPE: 250°C.

Tabla 56 — Factor *k* para conductor de protección constituido por la armadura, capa metálica o conductor concéntrico de un cable

Material del conductor	Aislación	
	PVC	EPR el XLPE
Cobre	141	128
Aluminio	93	85
Plomo	26	23
Acero	51	46

NOTAS

1 La temperatura inicial considerada es de 60°C para el PVC y 80°C para el EPR y el XLPE.

2 La temperatura final considerada es de 200°C para el PVC, EPR y XLPE.

Tabla 57 — Factor *k* para conductor de protección desnudo donde no hubiese riesgo de que las temperaturas indicadas puedan dañar cualquier material adyacente

Condiciones	Temperatura inicial °C	Material del conductor					
		Cobre		Aluminio		Acero	
		Factor <i>k</i>	Temperatura máxima °C	Factor <i>k</i>	Temperatura máxima °C	Factor <i>k</i>	Temperatura máxima °C
Visible y restringidas en áreas restringidas	30	228	500	125	300	82	500
Condiciones normales	30	159	200	105	200	58	200
Riesgo de incendio	30	138	150	91	150	50	150

6.4.3.1.3 Como alternativa al método de cálculo de 6.4.3.1.2, la sección del conductor de protección puede ser determinada a través de la tabla 58. Cuando la aplicación de la tabla conduzca a secciones no normalizadas, deben ser escogidos conductores con la sección normalizada más próxima. La tabla 58 es válida solamente si el conductor de protección fuese constituido del mismo metal que los conductores de fase. Cuando este no fuese el caso, ver IEC 60364-5-54.

Tabla 58 — Sección mínima del conductor de protección

Sección de los conductores de fase S mm^2	Sección mínima del conductor de protección correspondiente mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

6.4.3.1.4 La sección de cualquier conductor de protección que no forme parte del mismo cable o no este contenido en el mismo ducto cerrado que los conductores de fase no debe ser inferior a:

- a) $2,5 \text{ mm}^2$ en cobre/ 16 mm^2 en aluminio, siempre y cuando tuviese una protección contra daños mecánicos;
- b) 4 mm^2 en cobre/ 16 mm^2 en aluminio, si no tuviere una protección contra daños mecánicos.

6.4.3.1.5 Un conductor de protección puede ser común a dos o más circuitos, siempre que este instalado en el mismo ducto que los respectivos conductores de fase y su sección sea dimensionada conforme las siguientes opciones:

- a) calculada de acuerdo con 6.4.3.1.2, para la más severa corriente de falla estimada y el más largo tiempo de actuación del dispositivo de seccionamiento automático verificados en esos circuitos; o
- b) seleccionada conforme a tabla 58, con base en la mayor sección del conductor de fase de esos circuitos.

6.4.3.2 Tipos de conductores de protección

6.4.3.2.1 Pueden ser usados como conductores de protección:

- a) venas de cables multipolares;
- b) conductores aislados, cables unipolares o conductores desnudos en ducto común con los conductores activos;
- c) armaduras, coberturas metálicas o blindaje de cables;
- d) electroductos metálicos y otros conductos metálicos, siempre que cumplan las condiciones a) y b) de 6.4.3.2.2.

6.4.3.2.2 Cuando la instalación disponga de líneas prefabricadas (barras blindadas) con protecciones metálicas, estas protecciones pueden ser usadas como conductores de protección, siempre que cumplan simultáneamente las tres prescripciones siguientes:

- a) su continuidad eléctrica debe ser garantizada por disposiciones constructivas o conexiones adecuadas, que constituyan protección contra deterioros de naturaleza mecánica, química o electroquímica;
- b) su conductancia sea por el menos igual a la resultante de la aplicación de 6.4.3.1;
- c) permitan la conexión de otros conductores de protección en todos los puntos de derivación predeterminados.

6.4.3.2.3 Los siguientes elementos metálicos no son admitidos como conductor de protección:

- a) cañerías de agua;
- b) cañerías de gases o líquidos combustibles o inflamables;
- c) elementos de construcción sujetos a esfuerzos mecánicos en servicio normal;
- d) electroductos flexibles, excepto cuando hayan sido diseñados para ese fin;
- e) partes metálicas flexibles;
- f) armadura del hormigón (ver nota);
- g) estructuras y elementos metálicos de la edificación (ver nota).

NOTA Ninguna conexión buscando equipotencialización o puesta a tierra, incluyendo las conexiones a las armaduras del hormigón, puede ser usada como alternativa a los conductores de protección de los circuitos. Como se especifica en 5.1.2.2.3.6, todo circuito debe disponer de conductor de protección, en toda a su extensión (ver también 6.4.3.1.5).

6.4.3.3 Continuidad eléctrica de los conductores de protección

6.4.3.3.1 Los conductores de protección deben ser adecuadamente protegidos contra daños mecánicos, deterioro químico o electroquímico, así como esfuerzos electrodinámicos y termodinámicos.

6.4.3.3.2 Las conexiones deben ser accesibles para verificaciones y ensayos, con excepción de aquellas contenidas en empalmes moldeadas o encapsuladas.

6.4.3.3.3 Está prohibida la inserción de dispositivos de maniobra o comando en los conductores de protección. Se permiten solamente, y para fines de ensayo, uniones con capacidad de desconexión por medio de herramienta.

6.4.3.3.4 En el caso que sea utilizada supervisión de la continuidad de puesta a tierra, las bobinas o sensores asociados no deben ser insertados en el conductor de protección.

6.4.3.3.5 No se admite el uso de la masa de un equipo como conductor de protección o como parte del conductor de protección para otro equipo, excepto el caso previsto en 6.4.3.2.2.

6.4.3.4 Conductores PEN

6.4.3.4.1 El uso de conductor PEN sólo es admitido en instalaciones fijas, siempre que su sección no sea inferior a 10 mm² en cobre o 16 mm² en aluminio y observando lo dispuesto en 5.4.3.6.

NOTA La sección mínima se establece por razones mecánicas.

6.4.3.4.2 La aislación de un conductor PEN debe ser compatible con la tensión más alta a la que el mismo pueda ser sometido.

6.4.3.4.3 Si, en un punto cualquiera de la instalación, las funciones del conductor neutro (N) y del conductor de protección (PE) fuesen separadas, con la transformación del conductor PEN en dos conductores distintos, uno destinado a neutro y el otro a conductor de protección, no se admite que el conductor neutro, a partir de ese punto, llegue a conectarse a cualquier punto conectado a tierra de la instalación. Por el mismo motivo, ese conductor neutro no debe ser reconectado al conductor PE que resulto de la separación del PEN original.

NOTA El conductor PEN de la línea de energía que llega a una edificación debe ser incluido en la equipotencialización principal, conforme lo exigido en 6.4.2.1.1, y, portanto, conectado a la BEP, directa o indirectamente.

6.4.3.4.4 En el punto de separación referido en 6.4.3.4.3 deben ser previstos terminales o barras distintas para el conductor de protección y el conductor neutro, debiendo el conductor PEN ser conectado al terminal o barra destinada al conductor de protección. De un conductor PEN pueden derivar uno o más conductores de protección, así como uno o más conductores neutros.

6.4.3.4.5 No se admite el uso de elementos conductores como conductor PEN.

6.4.3.5 Disposición de los conductores de protección

Cuando fuesen utilizados dispositivos por sobrecorriente en la protección contra choques eléctricos por equipotencialización y seccionamiento automático, el conductor PE de todo circuito así protegido debe estar incorporado a la misma línea eléctrica que contiene los conductores activos o situado en lo más próximo posible, sin interposición de elementos ferromagnéticos.

6.4.4 Conductores de equipotencialización

6.4.4.1 Secciones mínimas

6.4.4.1.1 Conductores de equipotencialización principal

La sección de los conductores de la equipotencialización principal prescrita en 6.4.2.1 no debe ser inferior a la mitad de la sección del conductor de protección de mayor sección de la instalación, con un mínimo de 6 mm² en cobre, 16 mm² en aluminio o 50 mm² en acero. Aunque, la sección puede ser limitada a 25 mm², si el conductor fuese de cobre, o la sección equivalente, si fuese de otro metal.

6.4.4.1.2 Conductores de equipotencialización complementaria

En las equipotencializaciones suplementarias, la sección mínima del conductor utilizado para esa finalidad debe ser como sigue:

- a) el conductor destinado a equipotencializar dos masas de la instalación eléctrica, debe poseer una conductancia igual o superior al del conductor PE de menor sección conectado a esas masas;
- b) el conductor destinado a equipotencializar una masa de la instalación eléctrica y un elemento conductor no perteneciente a la instalación eléctrica, debe poseer una conductancia igual o superior a la mitad de la del conductor de protección conectado a esa masa; y
- c) en cualquiera de los casos a) o b) anteriores, el conductor debe satisfacer lo dispuesto en 6.4.3.1.4.

6.4.4.2 Tipos de conductores de equipotencialización

Los siguientes elementos metálicos no son admitidos como conductor de equipotencialización:

- a) cañerías de agua;
- b) cañerías de gases o líquidos combustibles o inflamables;
- c) elementos de construcción sujetos a esfuerzos mecánicos en servicio normal;
- d) electroductos flexibles, excepto cuando hayan sido diseñados para ese fin;
- e) partes metálicas flexibles.

6.4.5 Equipotencialización funcional

NOTA El término "funcional" es aquí utilizado en el sentido de caracterizar la puesta a tierra y la equipotencialización destinados a garantizar el buen funcionamiento de los circuitos de señal y la compatibilidad electromagnética.

6.4.5.1 La barra de equipotencialización principal (BEP) de la edificación puede ser utilizada para fines de puesta a tierra funcional y, por tanto, puede ser prolongada, por medio de un conductor de baja impedancia. En el caso de edificaciones con uso extensivo de equipos de tecnología de la información (ETI), esa barra de equipotencialización funcional debe constituir preferentemente un anillo cerrado, internamente al perímetro de la edificación.

NOTA La prescripción se refiere, específicamente, a la posibilidad de utilización directa de la BEP para fines de puesta a tierra funcional. Por lo tanto, ello no significa, en absoluto, que se admite puesta a tierra funcional separada, independiente. Cualquier elemento que sirva de medio común para la puesta a tierra o equipotencialización funcional debe ser interconectado, directa o indirectamente, a la BEP.

6.4.5.2 A la barra de equipotencialización funcional pueden ser conectados:

- a) cualquiera de los elementos que deban ser conectados a la BEP de la edificación (ver 6.4.2.1);
- b) conductores de puesta a tierra de dispositivos de protección contra sobretensión;
- c) conductores de puesta a tierra de antenas de telecomunicación;
- d) conductor de puesta a tierra del polo conectado a tierra de fuentes de corriente continua para los ETI;
- e) conductores de puesta a tierra funcional;
- f) conductores de equipotencialización complementarias.

NOTA Es recomendable incluir las armaduras del hormigón de la edificación en la equipotencialización funcional, mediante soldadura eléctrica o conectores de presión adecuados.

6.4.5.3 La barra de equipotencialización funcional, de preferencia en cobre, puede ser desnudo o aislado y debe ser accesible en toda su extensión — por ejemplo, sobre superficies o en bandeja o canaleta. Conductores desnudos deben ser aislados en los soportes y en el cruce de paredes, para evitar corrosión.

6.4.5.4 La sección de la barra de equipotencialización funcional debe ser dimensionada como un conductor de equipotencialización principal, de acuerdo con 6.4.4.1.1.

6.4.5.5 Los conductores de equipotencialización funcional deben ser conforme 6.4.4.1.2.

6.4.6 Puesta a tierra por razones funcionales

6.4.6.1 Los circuitos PELV y masas de equipos clase II y clase III que fuesen conectados a tierra por razones funcionales, deben estar vinculados (conectados) a la BEP de la instalación.

6.4.6.2 En el caso que conductores de puesta a tierra funcionales conduzcan corriente continua, deben ser tomadas precauciones para impedir corrosión electrolítica en los conductores y en las partes metálicas próximas (ver también 6.4.7.3).

6.4.6.3 En el dimensionamiento de la sección de los conductores de puesta a tierra funcionales, deben ser consideradas posibles corrientes de falla y, cuando el conductor de puesta a tierra funcional fuese también utilizado como conductor de retorno, la corriente de funcionamiento en régimen normal y la caída de tensión. Si los datos pertinentes no estuviesen disponibles, el fabricante del equipo debe ser consultado.

6.4.7 Puesta a tierra combinado (funcional y de protección)

6.4.7.1 Conductores destinados a servir simultáneamente como conductor de protección y conductor de puesta a tierra funcional deben, como mínimo, satisfacer las prescripciones relativas a conductor de protección en toda su extensión (ver 6.4.3), así como lo dispuesto en 6.4.6.3.

6.4.7.2 El conductor de retorno de la alimentación en corriente continua de un ETI puede ser usado como conductor de protección y puesta a tierra funcional siempre que, en una eventual apertura del circuito en cuestión, la tensión entre dos partes conductoras simultáneamente accesibles no exceda el valor de la tensión de contacto límite (ver anexo C).

6.4.7.3 Si las corrientes de la alimentación en corriente continua y de señal producen en el conductor de protección y puesta a tierra funcional una caída de tensión que pueda resultar en una diferencia de potencial permanente en la instalación, la sección del conductor debe ser tal que la caída de tensión sea limitada a 1 V.

NOTAS

- 1 El principal objetivo de esta prescripción es restringir la corrosión.
- 2 En el cálculo de la caída de tensión debe ser ignorado el efecto de los trayectos paralelos.

6.4.7.4 Los tipos de conductores que pueden ser usados como conductores de protección y puesta a tierra funcional son aquellos indicados en 6.4.3.2.

6.4.7.5 Partes conductoras estructurales de ETI pueden ser usadas como conductores de protección y de puesta a tierra funcional, siempre que sean atendidas, simultáneamente, las siguientes condiciones:

- a) la continuidad eléctrica del trayecto sea garantizada por el tipo de construcción o por la utilización de técnicas de conexión que impidan la degradación causada por efectos mecánicos, químicos y electroquímicos; esas técnicas comprenden, por ejemplo, soldadura, compresión, remachado y fijación por tornillos autotrabantes;
- b) la conductividad atienda las prescripciones de 6.4.3.1;
- c) cuando una parte de un equipo pueda ser removida, la equipotencialización entre las partes restantes del equipo no debe ser interrumpida, a menos que la alimentación eléctrica de esas partes sea previamente seccionada;
- d) en el caso de tablero o conjunto de tableros con 10 m o más de longitud, los conductores de protección y puesta a tierra funcional deben ser conectados, en ambas extremidades, a la malla o barra de equipotencialización.

6.5 Otros componentes

6.5.1 Motores eléctricos

6.5.1.1 Generalidades

Las prescripciones de esta subsección tratan específicamente de circuitos que alimentan motores en aplicaciones industriales y similares normales. Son consideradas aplicaciones industriales y similares normales aquellas que envuelven motores de inducción con rotor de jaula de ardilla, de potencia nominal unitaria no superior a 150 kW, operados en régimen S1, excluidas las aplicaciones de motores con potencia no superior a 1,5 kW que accionen aparatos electrodomésticos y electroprofesionales. Se asume que las características de los motores, así como como del régimen S1, son aquellas definidas en la ABNT NBR 7094.

6.5.1.2 Limitación de las perturbaciones debidas al arranque de motores

6.5.1.2.1 Para evitar perturbaciones que comprometan la red de distribución, la propia instalación y el funcionamiento de las demás cargas por ella alimentadas, deben ser observadas:

- a) las restricciones impuestas por la empresa distribuidora de energía eléctrica al arranque de motores;

NOTA Para arranque directo de motores con potencia superior a 4 kW, en instalaciones alimentadas

directamente por la red de distribución pública en baja tensión, debe ser consultada la empresa distribuidora local.

- b) los límites de caída de tensión en los demás puntos de utilización, durante el arranque del motor, conforme se establece en 6.2.7.1.

Para satisfacer los requisitos de los ítems a) y b), puede ser necesario emplear dispositivos que limiten la corriente de arranque del motor.

6.5.1.2.2 En instalaciones conteniendo diversos motores, se debe considerar la posibilidad de arranque simultáneo de dos o más motores.

6.5.1.3 Dimensionamiento de los circuitos de motores

6.5.1.3.1 Capacidad de conducción de corriente

En el dimensionamiento de los conductores del circuito terminal que alimenta exclusivamente un motor, debe ser considerada una corriente de proyecto I_B , como mínimo, igual a la corriente nominal del motor, en las condiciones de utilización.

NOTAS

1 Si el motor posee factor de servicio declarado por el fabricante y si fuese prevista la utilización del motor explotando este factor, la corriente de proyecto debe ser considerada, como mínimo, igual a la corriente nominal del motor, en las condiciones de utilización, multiplicada por el factor de servicio. El factor de servicio es siempre mayor que uno.

2 Para motores con más de una potencia y/o velocidad nominales, la corriente nominal del motor a ser considerada es la que corresponde a la mayor potencia y/o velocidad.

6.5.1.3.2 Caída de tensión en régimen permanente

El dimensionamiento de los conductores que alimentan motores debe ser tal que, en régimen permanente, las caídas de tensión en los terminales del motor y en otros puntos de utilización de la instalación no superen los límites establecidos en 6.2.7.1.

6.5.1.3.3 Caída de tensión en la arranque del motor

El dimensionamiento de los conductores que alimentan motores debe ser tal que, durante el arranque del motor, la caída de tensión en los terminales del dispositivo de arranque no supere 10% de la respectiva tensión nominal, observados los límites de 6.2.7.1 para los demás puntos de utilización de la instalación.

NOTAS

1 En ciertas aplicaciones, la caída de tensión en los terminales del dispositivo de arranque del motor puede ser superior a 10% de la respectiva tensión nominal, de modo a no prolongar el tiempo de aceleración del motor.

2 Para el cálculo de la caída de tensión, el factor de potencia del motor con rotor bloqueado puede ser considerado igual a 0,3.

3 Para protección contra caídas o fallas de tensión, ver 5.5.

6.5.1.4 Protección contra corrientes de sobrecarga

La protección contra corrientes de sobrecarga de circuitos que alimentan motores puede ser provista por uno de los siguientes medios:

- a) dispositivos de protección integrados al motor, sensibles a la temperatura de los bobinados;
- b) dispositivos de protección externos al motor, sensibles a la corriente del respectivo circuito.

6.5.1.5 Protección contra corrientes de cortocircuito

Cuando los conductores de los circuitos que alimentan motores fuesen protegidos contra corrientes de sobrecarga por dispositivos que se limiten a esa protección, como relés térmicos, la protección contra corrientes de cortocircuito, conforme 5.3.5, puede ser garantizada por dispositivo de protección exclusivamente contra cortocircuitos, observando las disposiciones de 6.3.4.3.

NOTA Dispositivos que provean protección exclusivamente contra cortocircuitos pueden ser interruptores automáticos equipados solamente con disparadores de sobrecorriente instantáneos o dispositivos fusibles con característica gM o aM.

6.5.1.6 Circuitos de comando de motor

6.5.1.6.1 Los circuitos de comando de motor deben ser diseñados de modo a impedir la reconexión automática del motor después de la parada originada por una caída o falla de tensión, en el caso que esa reconexión pueda causar algún peligro.

6.5.1.6.2 Cuando un motor fuese equipado con freno por contracorriente, se deben adoptar precauciones para evitar la inversión del sentido de rotación del motor al término del frenado, en el caso que esta inversión pueda causar algún peligro.

6.5.1.6.3 En los casos en que la seguridad dependa del sentido de rotación del motor, deben ser adoptadas medidas para evitar la inversión del sentido de rotación, causada, por ejemplo, por una inversión de fases.

NOTAS

- 1 Deben ser también considerados los riesgos que puedan ocurrir de la falta de una fase.
- 2 Para seccionamiento de emergencia y parada de emergencia, ver 5.6.5 y 6.3.7.4.

6.5.2 Bateria de acumuladores

6.5.2.1 Acumuladores portátiles o móviles

La carga de acumuladores portátiles o móviles debe ser realizada en locales donde las salpicaduras del electrólito y el contacto con sus vapores no sean perjudiciales. Se debe garantizar una ventilación suficiente y que no existan fuentes que puedan originar llama en las proximidades.

6.5.2.2 Acumuladores fijos

6.5.2.2.1 Los acumuladores fijos deben ser instalados en locales de servicio eléctrico o en cubículos cerrados, cuyo acceso sea autorizado solamente al personal de operación y mantenimiento.

6.5.2.2.2 Cuando la tensión nominal de las baterías de acumuladores fuese superior a 150 V, debe ser previsto un piso de servicio no deslizante, aislado del suelo y proyectado de forma que no sea posible tocar simultáneamente el suelo, o un elemento conductor conectado al suelo, y uno de los elementos de la batería.

6.5.2.2.3 Los aislantes utilizados en las cercanías de las baterías deben ser no hidrófilos por naturaleza o por tratamiento.

6.5.3 Tomacorrientes y extensiones

6.5.3.1 Todas las tomacorrientes fijas de las instalaciones deben ser del tipo con contacto de puesta a tierra (PE). Las tomacorrientes de uso residencial y similares deben ser conforme **ABNT NBR 6147** y **ABNT NBR 14136**, y las tomacorrientes de uso industrial deben ser conforme IEC 60309-1.

6.5.3.2 Se debe tener cuidado para prevenir conexiones involuntarias entre enchufes y tomacorrientes que no sean compatibles. En particular, cuando existan circuitos de tomacorrientes con diferentes tensiones, las tomacorrientes fijas de los circuitos de tensión más elevada, por lo menos, deben ser claramente marcadas con la tensión a ellas proveída. Esa marcación puede ser realizada por placa o adhesivo, fijado en la tapa de la tomacorriente. Esta marcación no debe ser de fácil remoción. En el caso de sistemas SELV, deben ser atendidas las prescripciones de 5.1.2.5.4.4.

6.5.4 Conjuntos de protección, maniobra y comando

NOTA Los tableros de distribución son considerados como conjuntos de protección, maniobra y comando.

6.5.4.1 Los conjuntos montados en fábrica deben atender a la **ABNT NBR IEC 60439-1**.

NOTA Se enmarcan también en esta categoría los conjuntos proporcionados en forma de kits que sean conforme o derivados de prototipos conforme a la **ABNT NBR IEC 60439-1** y que hayan sido sometidos a los ensayos, con resultados satisfactorios.

6.5.4.2 Otros conjuntos no especificados en 6.5.4.1 deben resultar en niveles de desempeño y seguridad equivalentes a los definidos en la **ABNT NBR IEC 60439-1**. Se deben respetar las siguientes distancias mínimas:

- a) entre partes activas desnudas de polaridades distintas: 10 mm;
- b) entre partes activas desnudas y otras partes conductoras (masas, coberturas): 20 mm.

NOTA La distancia especificada en b) debe ser aumentada a 100 mm cuando los tableros posean aberturas cuya menor dimensión este entre 12 mm y 50 mm.

6.5.4.3 Los conjuntos deben ser especificados, montados e instalados atendiendo a las prescripciones de seguridad de esta Norma, específicamente aquellas indicadas en 5.1, 5.3 y 6.4.

6.5.4.4 El grado de protección del conjunto debe ser compatible con las influencias externas previstas.

6.5.4.5 Los dispositivos de protección, maniobra y comando deben ser instalados y conectados conforme las instrucciones proporcionadas por el fabricante, respetadas las prescripciones de 6.1.4, 6.1.5, 6.1.6 y 6.3.

6.5.4.6 Los conductores de alimentación de los componentes e instrumentos fijados en las puertas o tapas deben ser dispuestos de tal forma que los movimientos de las puertas o tapas no puedan causar daños a esos conductores.

6.5.4.7 En los tableros de distribución, deben ser previstos espacios de reserva para ampliaciones futuras, con base al número de circuitos con que el tablero fuera efectivamente equipado, conforme la tabla 59.

Tabla 59 — Tableros de distribución - Espacios de reserva

Cantidad de circuitos efectivamente disponible N	Espacio mínimo destinado a reserva (en número de circuitos)
Hasta 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N

NOTA La capacidad de reserva debe ser considerada en el cálculo del alimentador del respectivo tablero de distribución.

6.5.4.8 Los conjuntos, en especial los tableros de distribución, se deben instalar en locales de fácil acceso y ser provistos de identificación del lado externo, legible y de no fácil remoción.

6.5.4.9 Todos los componentes de un conjunto deben ser identificados, de tal forma que la correspondencia entre el componente y el circuito relacionado pueda ser rápidamente reconocida. Esta identificación debe ser legible, indeleble, posicionada de forma a evitar cualquier riesgo de confusión y, además de esto, corresponder a la notación adoptada en el proyecto (esquemas y demás documentos).

6.5.4.10 Los tableros de distribución destinados a instalaciones residenciales y similares se deben entregar con la siguiente advertencia:

ADVERTENCIA

1. Cuando un interruptor automático o fusible actúa, desconectando algún circuito o a toda la instalación, la causa puede ser una sobrecarga o un cortocircuito. Desconexiones frecuentes son señal de sobrecarga. Por esto, **NUNCA** cambie sus interruptores automáticos o fusibles por otros de mayor corriente (mayor amperaje) simplemente. Como regla, el cambio de un interruptor automático o fusible por otro de mayor corriente requiere, antes, el cambio de conductores eléctricos, por otros de mayor sección.

2. De la misma forma, **NUNCA** desactive o remueva la llave automática de protección contra choques eléctricos (*interruptores diferenciales*), aun en caso de desconexión sin causa aparente. Si las desconexiones fueran frecuentes y, principalmente, si las tentativas de reconectar la llave no tuviesen éxito, lo que significa, muy probablemente, que la instalación eléctrica presenta anomalías internas, que solamente pueden ser identificadas y corregidas por profesionales calificados. **LA DESACTIVACIÓN O REMOCIÓN DE LA LLAVE SIGNIFICA LA ELIMINACIÓN DE LA MEDIDA PROTECTORA CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS Y RIESGO DE VIDA PARA LOS USUARIOS DE LA INSTALACIÓN.**

6.5.4.11 La advertencia que se trata en 6.5.4.10 puede venir de fábrica o ser provista localmente, antes que la instalación sea entregada al usuario, y no debe ser de fácil remoción.

6.5.5 Equipos de utilización

6.5.5.1 Conexión de los equipos a las instalaciones

La conexión de los equipos a la instalación puede ser:

- a) directamente a una línea fija (6.5.5.1.1); o
- b) a través de una línea móvil (6.5.5.1.2).

6.5.5.1.1 Conexión directa de los equipos a una línea fija

Las conexiones de un equipo a los conductores de línea fija no deben ser sometidas a esfuerzos de tracción ni de torsión. En la conexión del equipo a la línea fija deben ser observadas las prescripciones de 6.2.7 y 6.2.8.

6.5.5.1.2 Conexión de los equipos a través de una línea móvil

NOTA Son ejemplos de líneas móviles los cables prolongadores e infraestructuras que cumplan una función similar.

La conexión de los equipos a través de una línea móvil debe obedecer a las prescripciones descritas a continuación:

- a) las líneas móviles deben contener el número necesario de conductores, adecuadamente agrupados, inclusive el conductor de protección;

NOTA Solamente se admiten líneas móviles desprovistas de conductor de protección si ellas se destinan exclusivamente a la alimentación de equipos clase II o clase III (sobre clasificación de los componentes de la instalación en cuanto a protección contra choques eléctricos, ver IEC 61140).

- b) Las líneas móviles deben satisfacer las prescripciones pertinentes de 6.2;
- c) el conductor de protección de una línea móvil debe ser identificado por la doble coloración verde-amarillo. Cuando el circuito incluye neutro, el conductor respectivo debe ser identificado por el color celeste. En los casos en que el circuito no incluye neutro, el conductor celeste de una línea móvil puede ser utilizado como conductor de fase, pero en ningún caso como conductor de protección.

6.5.5.2 Equipos de iluminación

6.5.5.2.1 Los equipos de iluminación destinados a locales inundables ó húmedos deben ser especialmente concebidos para tal uso, no permitiendo que el agua se acumule en los conductores, portalamparas u otras partes eléctricas.

6.5.5.2.2 Los equipos de iluminación deben ser firmemente fijados. En particular, la fijación de equipos de iluminación colgantes debe ser tal que:

- a) giros **frecuentes** en el mismo sentido no causen daños a los medios de sujeción; y
- b) la sujeción no recaiga sobre los conductores de alimentación.

6.5.5.2.3 Los portalamparas deben ser seleccionados teniendo en cuenta la corriente en cuanto a la potencia prevista absorbida por las lámparas.

6.5.5.2.4 El contacto lateral de los portalamparas con rosca debe ser conectado al conductor neutro, si hubiere.

6.5.5.2.5 En instalaciones residenciales y similares solamente pueden ser usados portalamparas debidamente protegidos contra riesgos de contactos accidentales con partes activas o equipos de iluminación que confieran al portalampara, cuando no este protegido por fabricación, una protección equivalente. Esta misma prescripción se aplica a cualquier otro tipo de instalación en que la colocación, retiro y/o sustitución de lámparas puedan ser realizadas por personas que no sean prevenidas (BA4) ni calificadas (BA5), conforme tabla 18.

6.5.5.3 Equipos eléctricos de calentamiento de agua

La instalación de calentadores eléctricos de agua en baños debe obedecer a las prescripciones de 9.1.

6.5.5.4 Equipos de calentamiento industriales

6.5.5.4.1 Equipos de calentamiento en general

Se aplican a las prescripciones descritas a continuación:

- a) los equipos de calentamiento fijos deben ser instalados de forma a asegurar que el flujo de calor por ellos **proporcionados** se disipe como se encuentra previsto en el proyecto;
- b) los equipos de calentamiento compuestos de elementos incandescentes abiertos o expuestos no deben ser instalados en locales que presenten riesgos de explosión (BE3 - tabla 22). El uso de tales equipos solamente es admitido si fueran tomadas todas las precauciones para evitar que sustancias inflamables, inclusive vapores y gases, entren en contacto con los elementos incandescentes;
- c) los equipos de calentamiento que, por su naturaleza, procesen materiales combustibles (BE2 - tabla 22), tales como estufas y secadores, deben ser dotados de limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el calentamiento antes que una temperatura peligrosa sea alcanzada, o de lo contrario deben ser construídos de forma a no causar peligro para las personas, o daños a objetos próximos, en caso de sobrecalentamiento de los materiales combustibles contenidos en el equipo;
- d) en las instalaciones de calentamiento a aire forzado (generadores de aire caliente), los elementos calentadores solamente deben poder ser energizados despues de establecido el flujo de aire previsto y deben ser automáticamente desenergizados cuando el flujo de aire fuera interrumpido. Además de esto, la instalación debe incluir los limitadores de temperatura independientes, que impidan que la temperatura en los conductos de aire sobrepase los límites admisibles.

6.5.5.4.2 Equipos de calentamiento de líquidos

Se aplica las prescripciones descritas a continuación:

- a) los equipos de calentamiento de líquidos combustibles deben ser dotados de limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el calentamiento antes que una temperatura peligrosa sea alcanzada, o deben ser construídos de forma a no causar peligro para las personas, o daños a los objetos próximos, en caso de sobrecalentamiento;
- b) los equipos que posean electrodos o resistores no aislados, inmersos en líquido conductor, no son admitidos en los esquemas TT o IT.

6.6 Servicios de seguridad

6.6.1 Esta subsección trata de los servicios de seguridad, abarcando prescripciones relativas a las fuentes de seguridad y a los circuitos y componentes eléctricos de los servicios de seguridad. No se incluye prescripciones específicas para alimentaciones de reserva destinadas a otros servicios que no sean los de seguridad. Permanecen válidas y aplicables todas las prescripciones de esta Norma que sean pertinentes, a excepción de lo que está específicamente establecido para el caso.

NOTA Las instalaciones de seguridad deben observar también, según corresponda, la reglamentación referente a las edificaciones, los códigos de seguridad contra incendio y pánico y otros códigos de seguridad a los cuales la edificación y/o a las actividades en ellas desarrolladas puedan estar sujetas.

6.6.2 La alimentación puede ser clasificada de acuerdo con 6.6.2.1 y 6.6.2.2.

6.6.2.1 La alimentación para servicios de seguridad puede ser:

- a) no automática, cuando su entrada en servicio depende de la acción de un operador;
- b) automática, cuando su entrada en servicio no depende de la acción de un operador.

6.6.2.2 Una alimentación automática es clasificada como se indica a continuación, en función del tiempo de conmutación:

- a) sin interrupción: alimentación automática capaz de asegurar suministro contínuo de energía, siendo el

suministro en el instante de la conmutación bajo las condiciones especificadas, por ejemplo, con una variación dada de tensión y/o de frecuencia;

- b) con interrupción muy breve: alimentación automática disponible en hasta 0,15 s;
- c) con interrupción breve: alimentación automática disponible en hasta 0,5 s;
- d) con interrupción media: alimentación automática disponible en hasta 15 s;
- e) con interrupción larga: alimentación automática disponible en mas de 15 s.

6.6.3 Para los servicios de seguridad destinados a funcionar en condiciones de incendio, deben ser atendidas las siguientes prescripciones:

- a) debe ser seleccionada una fuente de seguridad que pueda mantener la alimentación por el tiempo requerido (ver 6.6.6);
- b) todos los componentes deben presentar adecuada resistencia al fuego, sea constructivamente, sea por medio de disposiciones equivalentes en cuanto a su instalación.

6.6.4 en lo que refiere a la protección contra choques eléctricos, la parte de la instalación representada por los servicios de seguridad (fuentes, líneas y equipos alimentados) debe ser, preferencialmente, objeto de medida que no implique seccionamiento automático de la alimentación de ocurrir una falta. Si los servicios de seguridad fueran concebidos, eléctricamente, como un esquema IT, el conjunto debe ser proveido de dispositivo supervisor de aislamiento (DSI), como se requiere en 5.1.2.2.4.4-d).

6.6.5 Los componentes deben ser dispuestos de modo a facilitar la inspección periódica, los ensayos y mantenimiento.

6.6.6 Fuentes de seguridad

6.6.6.1 Pueden ser usadas como fuentes de seguridad:

- a) baterías de acumuladores;
- b) generadores independientes de la fuente normal;
- c) alimentación derivada de la red pública de distribución y efectivamente independiente de la fuente normal.

NOTA La alimentación independiente referida en el ítem c) puede ser una entrada efectivamente separada o derivación de una misma entrada. Y como la propia alimentación normal generalmente proviene de la red pública de distribución, la independencia exigida presupone la falla o indisponibilidad simultánea de ambas fuentes, la normal y de seguridad, lo que es altamente improbable.

6.6.6.2 Las fuentes de seguridad deben ser instaladas de la misma forma que un equipo fijo y de tal manera que no puedan ser afectadas por falla de la fuente normal.

6.6.6.3 Las fuentes de seguridad deben ser accesibles solamente a personas prevenidas o calificadas (BA4 o BA5), conforme tabla 18.

6.6.6.4 En la instalación de las fuentes de seguridad deben ser garantidas extracción y ventilación adecuadas, de modo a impedir que eventuales gases o humo de ellas emanadas puedan penetrar en áreas ocupadas por personas.

6.6.6.5 Una fuente de seguridad solamente puede ser utilizada para otros servicios que no sean los de seguridad si esto no compromete su disponibilidad para los servicios de seguridad. Además de los requisitos de 6.6.8.2, cualquier falla o perturbación que ocurra en el circuito no destinado a alimentar servicios de seguridad no debe provocar la apertura de ningún circuito que alimente servicios de seguridad.

NOTA En situaciones de emergencia, y cuando el servicio de seguridad comprendido así lo exija, puede ser necesario la desconexión automática de cargas no vinculadas a servicios de seguridad.

6.6.6.6 Las prescripciones de 6.6.6.2 a 6.6.6.5 no se aplican a equipos alimentados individualmente por baterías autónomas.

NOTA Entiendase por "batería autónoma" al conjunto constituido de batería libre de mantenimiento, cargador y dispositivo de prueba (test).

6.6.6.7 Prescripciones específicas para servicios de seguridad en que las fuentes no pueden funcionar en paralelo:

6.6.6.7.1 Deben ser tomadas todas las precauciones para evitar el paralelismo de las fuentes, por ejemplo, con intertrabamientos mecánicos.

6.6.6.7.2 La protección contra cortocircuitos y la protección contra choques eléctricos deben ser garantizadas cualquiera sea la fuente en funcionamiento.

6.6.6.8 Prescripciones específicas para servicios de seguridad en que las fuentes pueden funcionar en paralelo:

NOTA El funcionamiento en paralelo de fuentes independientes generalmente requiere la autorización de la empresa distribuidora de energía eléctrica, que puede exigir dispositivos especiales, por ejemplo, para evitar que la potencia sea invertida.

6.6.6.8.1 La protección contra cortocircuitos y la protección contra choques eléctricos deben ser garantizadas en todas las situaciones posibles: el funcionamiento de solo una de las fuentes, cualquier que sea, o el funcionamiento de las fuentes en paralelo.

NOTA Pueden ser necesarias precauciones para limitar la circulación de corriente entre los puntos neutros de las fuentes. Estas precauciones tienen en cuenta, en particular, los efectos del tercer armónico.

6.6.7 Circuitos de seguridad

6.6.7.1 Los circuitos de los servicios de seguridad deben ser independientes de otros circuitos.

NOTAS

1 Esto significa que ninguna falla, intervención o modificación en el circuito no perteneciente a los servicios de seguridad debe afectar el funcionamiento del(os) circuito(s) de los servicios de seguridad. Por tanto, puede ser necesario separar los circuitos de los servicios de seguridad de los demás circuitos, mediante materiales resistentes al fuego, ductos y/o medios distintos.

2 En el caso de equipos alimentados individualmente por baterías autónomas, la alimentación para carga de la batería autónoma no necesita ser independiente de la alimentación de otros circuitos. Se entiende por "batería autónoma" al conjunto constituido de batería libre de mantenimiento, cargador y dispositivo de prueba (test).

6.6.7.2 Las líneas eléctricas conteniendo circuitos de servicios de seguridad no deben atravesar locales con riesgos de incendio (BE2 -tabla 22), a menos que ellas sean resistentes al fuego. Las líneas no deben atravesar, en ningún caso, locales con riesgos de explosión (BE3 - tabla 22).

NOTA Se debe evitar, en lo posible, que las líneas que contengan circuitos de seguridad atraviesen locales donde exista algún riesgo de incendio, aunque ellas sean resistentes al fuego.

6.6.7.3 La protección contra sobrecargas puede ser omitida, si la pérdida de la alimentación representa un peligro mayor. En caso que esta protección sea omitida, se debe controlar la ocurrencia de sobrecargas.

6.6.7.4 Los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben ser seleccionados e instalados de modo a evitar que la sobrecorriente en un circuito perjudique el funcionamiento correcto de los demás circuitos de los servicios de seguridad.

6.6.7.5 Los dispositivos de protección, maniobra y control, incluyendo los controles de la iluminación de seguridad, deben ser claramente identificados y accesibles solamente a personas prevenidas o calificadas (BA4 o BA5), conforme tabla 18.

6.6.8 Equipos de utilización

6.6.8.1 En los sistemas de iluminación, el tipo de lámpara debe ser compatible con el tiempo de conmutación de la fuente, para que la iluminación especificada se mantenga.

NOTA Sobre luminarias para iluminación de seguridad, ver IEC 60598-2-22.

6.6.8.2 En equipos alimentados por dos circuitos distintos, una falla en uno de los circuitos no debe perjudicar la protección contra choques eléctricos, ni el funcionamiento correcto del otro circuito. El equipo debe ser conectado a los conductores de protección de los dos circuitos, al menos que la protección contra choques eléctricos de la que el equipo fuera dotado no abarque el uso del conductor de protección.