
NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 370.303
2003

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS. Protection for safety. Protection against electric shock.

2003-07-24
1ª Edición

R.0072-2003/INDECOPI-CRT.Publicada el 2003-08-08

Precio basado en 51 páginas

I.C.S.: 91.140.99

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Protección contra contactos directos e indirectos, protección contra contactos directos o choques eléctricos en servicio normal y contra contactos indirectos o condiciones de defecto

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	3
4. DEFINICIONES	5
5. PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS	6
6. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS Y LOS CONTACTOS INDIRECTOS	10
7. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS	17
8. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS	22
9. ANTECEDENTES	45
ANEXOS	
ANEXO A	47
ANEXO B	48

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Seguridad Eléctrica – Subcomité de Instalaciones Eléctricas Interiores, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero del 2002 a marzo del 2003, utilizando como antecedente a la IEC 60364-4-41:2001 Electrical installations of buildings - Part 4-41: Protection for safety - Protection against electric shock.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Seguridad Eléctrica – Subcomité de Instalaciones Eléctricas Interiores presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - CRT, con fecha 2003-04-03, el PNTP 370.303:2003 para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2003-05-22. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 370.303:2003 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos**, 1ª Edición, el 08 de agosto del 2003.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana tomó parcialmente a la IEC 60364-4-41:2001. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría

PROCOBRE PERÚ
Miguel de la Puente Quesada

Secretario

Carlos Huayllasco Montalva - Hexa
International

ENTIDAD

REPRESENTANTE

CAMEN S.A. INDECO S.A.	Javier Maldonado Saavedra Sigfrido Nano Padilla
SGS del Perú S.A.C.	Roberto Holguín Legoas
SOCIEDAD NACIONAL DE INDUSTRIAS (INDUSTRIAL EPEM S.A.)	Rafael La Torre Mesía
SCHNEIDER ELECTRIC PERÚ S.A.	Percy Durán Campos
TICINO DEL PERÚ S.A.	César Gallarday Vega Fernando Vargas Cano
MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS	Orlando Chávez Chacaltana
MUNICIPALIDAD DEL CALLAO	Susana Maldonado Villanueva
MUNICIPALIDAD DE LIMA	Emilio Cachuán Espinoza
ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA PERUANA - AEP	Jorge Angulo Polich
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Capítulo de Ingeniería Eléctrica	Esteban Jiménez Carlos Víctor Chávez Espinoza
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Raúl del Rosario Quinteros
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FIEE	Moisés Flores Tinoco Tomás Palma García
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FIM	José Carlos Reyes Alva
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	Julio Borjas Castañeda

---0000000---

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS. Protección para garantizar la seguridad. Protección contra los choques eléctricos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece las técnicas para garantizar la seguridad, trata de la protección contra los choques eléctricos en servicio normal (protección contra los contactos directos o protección principal) y protección contra los choques eléctricos en condiciones de defecto de las instalaciones (protección contra los contactos indirectos o protección contra los defectos).

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Internacionales

- | | | |
|-------|---------------------|--|
| 2.1.1 | IEC 60364-5-51:2001 | Electrical installations of buildings - Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment - Common rules |
| 2.1.2 | IEC 60364-7:1984 | Electrical installations of buildings. Part 7: Requirements for special installations or locations. Section 701: Electrical installations in bathrooms |

- | | | |
|-------|-----------------------|--|
| 2.1.3 | IEC 60449:1973 | Voltage bands for electrical installations of buildings |
| 2.1.4 | IEC 61140:2001 | Protection against electric shock - Common aspects for installation and equipment |
| 2.1.5 | IEC 60479:1994 | Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects |
| 2.1.6 | IEC/TR 61200-413:1996 | Electrical installation guide - Clause 413: Explanatory notes to measures of protection against indirect contact by automatic disconnection of supply |
| 2.1.7 | IEC 60364-5-54:2002 | Electrical installations of buildings - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors |
| 2.1.8 | IEC 60038:2002 | IEC standard voltages |
| 2.1.9 | IEC 61008-1:2002 | Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) - Part 1: General rules |

2.2 Normas Técnicas Peruanas

2.2.1 NTP 370.055:1999 SEGURIDAD ELECTRICA. Sistema de puesta a tierra. Glosario de términos.

2.2.2 NTP 370.053:1999 SEGURIDAD ELECTRICA. Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra. Conductores de protección de cobre

2.3 Normas Técnicas Nacionales

2.3.1 UNE 20460-4-47 Parte 4-47 Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 47: Aplicación de medidas de protección para garantizar la seguridad.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica principalmente a las instalaciones eléctricas tales como las de:

- a) edificios residenciales;
- b) edificios comerciales;
- c) establecimientos públicos;
- d) establecimientos industriales;
- e) establecimientos agrícolas y hortícolas;
- f) edificios prefabricados;
- g) obras, exposiciones, ferias y otras instalaciones temporales.

3.2 Se aplica:

- a) a los circuitos alimentados a una tensión nominal como máximo igual a 1 000 V en corriente alterna y a 1 500 V en corriente continua. En corriente alterna, la frecuencia preferente considerada en esta NTP es 60 Hz. No se excluye el uso de otras frecuencias para aplicaciones particulares.
- b) a los circuitos, que no sean los internos de los aparatos, que funcionan a una tensión superior a 1 000 V a partir de una instalación de tensión como máximo igual a 1 000 V en corriente alterna, por ejemplo circuitos de lámparas de descarga, precipitadores electrostáticos;
- c) a cualquier cableado o canalización no específicamente cubierto por las normas relativas a los aparatos de utilización;
- d) a todas las instalaciones consumidoras situadas en el exterior de los edificios;
- e) a las canalizaciones fijas de telecomunicación, de señalización o de mando (con excepción de los circuitos internos de los aparatos);
- f) a las ampliaciones o modificaciones de instalaciones así como a las partes de las instalaciones existentes afectadas por estas ampliaciones o modificaciones.

3.3 Esta NTP no se aplica a:

- a) equipos de tracción eléctrica;
- b) equipos eléctricos de automóviles;
- c) instalaciones eléctricas en barcos;
- d) instalaciones eléctricas en aeronaves;
- e) instalaciones de alumbrado público;

- f) instalaciones en minas;
- g) equipos para la supervisión de perturbaciones radioeléctricas, en la medida en que no comprometan la seguridad de las instalaciones;
- h) cercos eléctricos;
- i) instalaciones de pararrayos en edificios.

NOTA: Sin embargo, esta norma tiene en cuenta las consecuencias de los fenómenos atmosféricos sobre las instalaciones eléctricas (por ejemplo, elección de los pararrayos).

3.4 No está previsto que esta Norma Técnica Peruana sea aplicable:

- a las redes de distribución de energía de servicio público, o
- a las instalaciones de producción y de transporte para estas redes.

3.5 Los equipos eléctricos no son considerados más que en lo concerniente a su elección y a sus condiciones de instalación.

Esto se aplica también a conjuntos de equipos eléctricos conformes con las normas que les son aplicables.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en la NTP 370.055.

5. PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS

5.1 Aplicación de medidas de protección contra choques eléctricos

5.1.1 Generalidades

5.1.1.1 Se debe aplicar medidas de protección en toda instalación, parte de una instalación, y los materiales, según lo requerido por el apartado 5.1.

5.1.1.2 La selección y aplicación de medidas de protección, de acuerdo a las condiciones de influencias externas, está especificada en el apartado 5.1.5.

5.1.1.3 La protección está asegurada por

- el material en si mismo;
- aplicación de medidas de protección como un proceso en la construcción;
- una combinación de las anteriores.

5.1.1.4 Si no son satisfechas ciertas condiciones de una medida de protección, se debe tomar medidas complementarias para asegurar, por la combinación de estas medidas de protección, el mismo grado de seguridad que cumpla con estas condiciones.

NOTA: Un ejemplo de aplicación de estas reglas se da en el apartado 6.3.

5.1.1.5 Se debe asegurar que no hay un detrimento mutuo de las influencias entre diferentes medidas de protección aplicadas a la misma instalación o parte de ella.

5.1.2 Aplicación de medidas de protección contra contacto directo

5.1.2.1 Todo material eléctrico está sujeto a una de las medidas de protección contra contacto directo descritas en los capítulos 6 y 7.

5.1.2.2 Las medidas de protección por el aislamiento de las partes vivas (véase apartado 7.1) o por barreras o envolventes (véase apartado 7.2) son aplicables en todas las condiciones de influencias externas.

5.1.3 Aplicación de medidas de protección contra contacto indirecto

5.1.3.1 Excepto lo previsto en 5.1.3.5, todo material eléctrico está sujeto a una de las medidas de protección contra contacto indirecto descritas en 6 y 8, y a las condiciones dadas de 5.1.3.2 a 5.1.3.4.

5.1.3.2 La protección por corte automático de la alimentación (véase apartado 8.1) se aplica a cualquier instalación, excepto a partes de la instalación en las cuales es aplicada otra medida de protección.

5.1.3.3 Cuando la aplicación de los requerimientos del apartado 8.1 para la protección por corte automático de la alimentación es impracticable o indeseable, puede aplicarse a ciertas partes de una instalación la protección por la provisión de locales o emplazamientos no conductores (véase el apartado 8.3) o mediante un enlace equipotencial local no conectado a tierra (véase el apartado 8.4).

5.1.3.4 La protección por muy baja tensión MBTS¹ (véase el apartado 6.1) por el uso de materiales de la clase II² o mediante aislamiento equivalente (véase el apartado 8.2) y la protección mediante separación eléctrica (véase el apartado 8.5) puede aplicarse en cualquier instalación, usualmente para ciertos materiales y ciertas partes de la instalación.

5.1.3.5 Puede omitirse la protección contra contacto indirecto para los siguientes materiales:

- soportes de aisladores para pared de líneas aéreas y las partes metálicas conectadas a ellas (accesorios de líneas aéreas) si no están situadas al alcance de la mano;

¹ MBTS = Muy baja tensión de seguridad; corresponde a la sigla en inglés SELV = Security extra low voltage.

² Materiales con aislamiento doble o reforzado.

- postes de concreto de acero reforzado en el cual el acero reforzado no es accesible;

- partes conductoras expuestas, las cuales, debido a su reducida dimensión (aproximadamente 50 mm x 50 mm) o a su disposición, no pueden ser cogidas o entrar en contacto con partes del cuerpo humano y siempre que la conexión con un conductor de protección fuera difícilmente realizable o poco confiable.

NOTA: Este requerimiento se aplica, por ejemplo, a pernos, remaches, placa de característica y abrazaderas de fijación del cable.

- Tubos metálicos u otra envoltura de metal para protección de materiales y equipos eléctricos de acuerdo con el apartado 8.2.

5.1.4 Aplicación de medidas de protección en relación a influencias externas³

5.1.4.1 Los requerimientos del apartado 5.1.4.2 indican las medidas de protección contra el choque eléctrico definidas en esta Norma Técnica Peruana a ser aplicados como función de apreciar las condiciones de influencias externas.

NOTAS:

1 En la práctica, sólo las siguientes condiciones de influencias externas son relevantes para la selección de medidas de protección contra el choque eléctrico:

- BA: calificación de personas;
- BB: resistencia eléctrica del cuerpo humano;
- BC: contacto de personas con potencial a tierra.

2. Otras condiciones de influencias externas no tienen prácticamente influencia en la selección e implementación de medidas de protección contra el choque eléctrico, pero deben ser tomadas en consideración para la selección de materiales y equipos eléctricos (véase las NTP y en ausencia de ellas la IEC 60364-5-51, tabla 51A).

³ Para influencias externas véase NTP 370.300

5.1.4.2 Son permitidas varias medidas de protección cuando se da una combinación de influencias externas, la selección de la medida apropiada depende de las condiciones locales y la naturaleza de los equipos concernientes.

NOTA: Para instalaciones especiales o ubicaciones especiales, véase las NTP y en ausencia de ellas la IEC 60364-7.

5.1.4.3 La medida de protección por corte automático de la alimentación de acuerdo con el apartado 8.1 es aplicable en cualquier instalación.

5.1.4.4 La medida de protección por el uso de materiales de la clase II o mediante aislamiento equivalente, de acuerdo con el apartado 8.2, es aplicable en todas las situaciones, a menos que se den algunas limitaciones en la IEC 60364-7.

NOTA: Por razones de seguridad es importante que los materiales sean seleccionados de acuerdo a las influencias externas.

5.1.4.5 Están permitidas las medidas de protección para los locales (o emplazamientos) no conductores de acuerdo con el apartado 8.3.

5.1.4.6 La medida de protección por enlace equipotencial local no conectado a tierra está permitida sólo en la condición de influencia externa BC 1.

5.1.4.7 La medida de protección por separación eléctrica es aplicable en todas las situaciones. Sin embargo, en la condición BC 4, se debe limitar al suministro de un aparato móvil desde un transformador.

5.1.4.8 El uso de circuitos MBTS, de acuerdo al apartado 6.1.4, o circuitos MBTP⁴, de acuerdo al apartado 6.1.5, está considerado como una medida de protección contra contacto indirecto en todas las situaciones.

NOTAS

⁴ MBTP = Muy baja tensión de protección; corresponde a la sigla en inglés PELV = Protective extra low voltage.

1. En ciertos casos la IEC 60364-7 limita el valor de la extra baja tensión a un valor menor de 50 V, por ejemplo 25 V ó 12 V.
2. El uso de MBTF⁵ requiere otras medidas de protección contra contacto indirecto (véase apartado 8.3.3).

5.1.4.9 En ciertas instalaciones o partes de la instalación, por ejemplo, en ciertos locales donde las personas pueden sumergirse en agua, la parte correspondiente de la IEC 60364-7 requiere medidas particulares de protección.

6. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS Y LOS CONTACTOS INDIRECTOS

6.1 Protección mediante muy baja tensión: MBTS y MBTP

NOTA: En el anexo informativo de esta Norma Técnica Peruana se facilita una síntesis de las muy bajas tensiones.

6.1.1 La protección contra los choques eléctricos se considera asegurada cuando:

- la tensión nominal no puede ser superior al límite superior del dominio I (véase la IEC 60449),
- la fuente de alimentación es una fuente según las condiciones del apartado 6.1.2,
- se cumplen todas las condiciones del apartado 6.1.3 así como las:
 - del apartado 6.1.4 para los circuitos no conectados a tierra MBTS, o
 - del apartado 6.1.5 para los circuitos MBTP pudiendo estar conectados a tierra, así como las masas de estos circuitos.

NOTAS:

⁵ MBTF = Muy baja tensión funcional; corresponde a la sigla en inglés FELV = Functional extra low voltage.

1. Cuando el circuito esté alimentado desde un circuito de tensión más elevada mediante otros materiales distintos de los autotransformadores, potenciómetros, dispositivos con semiconductores, etc., el circuito secundario así formado es parte del circuito primario y debe incluirse en la medida de protección de este circuito.
2. Para determinadas influencias externas, pueden especificarse límites más bajos de tensión. véase también la IEC 60364-7.

6.1.2 Fuentes para MBTS y MBTP

6.1.2.1 Un transformador de seguridad conforme a la IEC 60742.

6.1.2.2 Una fuente de corriente que asegure un grado de seguridad equivalente al de un transformador de seguridad descrito en el apartado 6.1.2.1 (por ejemplo un motor-generador con devanados que presentan un aislamiento equivalente).

6.1.2.3 Una fuente electroquímica (pilas o acumuladores) u otra fuente que no dependa de circuitos de tensión más elevada (por ejemplo, un grupo térmico-generador).

6.1.2.4 Determinados dispositivos electrónicos conforme a las correspondientes normas, en los cuales se han adoptado medidas para que, aun en caso de un defecto interno de estos dispositivos, la tensión en los bornes de salida no pueda ser superior a los límites indicados en el apartado 6.1.1. Puede admitirse valores más elevados si, cuando se producen contactos directos o indirectos, la tensión en los bornes de salida se reduce inmediatamente o es inferior a estos valores.

NOTAS:

1. Son ejemplos de tales dispositivos los materiales de ensayo de aislamiento.
2. Cuando la tensión en los bornes de salida es más elevada, puede considerarse la conformidad con esta disposición si la tensión en los bornes de salida se encuentra dentro de los límites especificados en el apartado 6.1.1, cuando dicha tensión se mide con un voltímetro con una resistencia interna de por los menos 3 000 Ω .

6.1.2.5 Fuentes móviles, por ejemplo transformadores de separación o motores generadores, deben ser seleccionadas o montadas de acuerdo con los requerimientos para protección por el uso de materiales clase II o mediante aislamiento equivalente (véase el apartado 8.2).

6.1.3 Condiciones de instalación de los circuitos

6.1.3.1 Las partes activas de los circuitos MBTS y MBTP deben ir separadas eléctricamente por una separación de protección entre ellas y de otros circuitos. La disposición debe asegurar una separación eléctrica no menor que aquella entre los circuitos de entrada y salida de un MBTF.

NOTAS

1. Este requisito no se opone a la conexión del circuito MBTP a tierra (véase el apartado 6.1.5),
2. En particular, se requiere una separación de protección no menor que la prevista entre los devanados de entrada y salida de un transformador de separación necesaria entre las partes activas de los materiales eléctricos tales como los relés, los contactores, los interruptores auxiliares y una parte cualquiera de un circuito de tensión más elevada.
3. Las tensiones a corriente continua para los circuitos MBTS y MBTP generados por un convertidor semiconductor (véase la IEC 60146-2) requiere un circuito interno de tensión a corriente alterna para suministrar escalones de tensión rectificadas. Esta tensión interna a corriente alterna excede la tensión a corriente continua por razones físicas. Este circuito interno de corriente alterna no es considerado como un “circuito de tensión más elevada” dentro del significado de esta cláusula. Se requiere una separación de protección entre los circuitos internos y la tensión externa más elevada (de acuerdo con 3.24 de la IEC 61140).

6.1.3.2 La separación de protección entre los conductores de cada circuito MBTS o MBTP debe preferentemente ser físicamente realizada de cualquier otro circuito conductor. Cuando este requerimiento es impracticable se requiere una de las siguientes disposiciones:

- los conductores de los circuitos MBTS y MBTP deben estar encerrados en una envoltura no metálica, además de su aislamiento básico;
- los conductores de circuitos de diferentes tensiones deben estar separados por una pantalla o envoltura metálica conectada a tierra;

NOTA: En las disposiciones anteriores, el aislamiento principal de cualquier conductor necesita ser sólo el adecuado para la tensión del circuito del cual es parte.

- un cable multipolar o una agrupación de conductores puede contener circuitos con tensiones diferentes con tal de que los conductores de los circuitos MBTS y MBTP estén aislados, bien sea individual o colectivamente, para la tensión más elevada que tengan que soportar.

6.1.3.3 Las tomas de corriente para los circuitos MBTS y MBTP deben satisfacer los requisitos siguientes:

- los enchufes no deben poder entrar en las bases de tomas de corriente alimentadas con tensiones distintas;
- las tomas de corriente no deben admitir enchufes de tensiones distintas;
- las tomas de corriente no deben ir provistas de contacto de conductor de protección;

6.1.4 Requisitos para los circuitos MBTS

6.1.4.1 Las partes activas de los circuitos MBTS no deben ir conectadas eléctricamente a tierra, ni a partes activas, ni a conductores de protección que pertenezcan a circuitos distintos.

6.1.4.2 Las masas no deben conectarse intencionadamente a:

- tierra; o

- conductores de protección o masas de circuitos distintos; o

- elementos conductores; no obstante, para los materiales que, por su disposición, estén fuertemente conectados a elementos conductores, la presente medida sigue siendo válida si puede asegurarse que estas partes no pueden conectarse a un potencial superior a la tensión nominal definida en el apartado 6.1.1.

NOTA: Si hay masas de circuitos MBTS que son susceptibles de encontrarse en contacto con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no se basa en la medida exclusiva de protección para MBTS, sino en las medidas de protección correspondientes a estas últimas masas.

6.1.4.3 Cuando la tensión nominal del circuito es superior a 25 V de valor eficaz en corriente alterna ó 60 V en corriente continua sin ondulación, debe asegurarse la protección contra los contactos directos por:

- barreras o envoltentes que presenten por lo menos un grado de protección IP2X ó IPXXB;
- un aislamiento que pueda soportar una tensión alterna con un valor eficaz de 500 V durante 1 min.

Por lo general, cuando la tensión nominal no es superior a 25 V de valor eficaz en corriente alterna ó 60 V en corriente continua sin ondulación, no se requiere ninguna protección contra los contactos directos; no obstante, puede ser necesaria para determinadas condiciones de influencias externas⁶.

NOTA: La corriente continua sin ondulación está definida convencionalmente por un porcentaje de ondulación no superior al 10 % del valor eficaz; el valor máximo de cresta no será superior a 140 V para una tensión nominal de 120 V en corriente continua sin ondulación y de 70 V para una tensión nominal de 60 V en corriente continua sin ondulación.

6.1.5 Requisitos para circuitos MBTP

⁶ Durante la elaboración de la presente NTP, este párrafo se encontraba en estudio según la IEC.

Cuando los circuitos estén conectados a tierra y no se requiera la MBTS conforme al apartado 6.1.4, es conveniente satisfacer las condiciones de los apartados 6.1.5.1 y 6.1.5.2.

6.1.5.1. La protección contra los contactos directos debe quedar garantizada:

- mediante barreras envolventes que presenten por lo menos un grado de protección IP2X ó IPXXB;
- mediante un aislamiento que pueda soportar una tensión alterna con un valor eficaz de 500 V durante 1 min.

6.1.5.2 La protección contra contacto directo especificada en el apartado 6.1.5.1, no se requiere para los materiales situados en el interior o exterior de un edificio en el cual está previsto un enlace equipotencial principal de acuerdo al apartado 8.1.2, y las masas y los elementos conductores, simultáneamente accesibles del sistema MBTP, estén conectados por un conductor de protección a la misma toma de tierra, y si la tensión nominal no es superior a:

- 25 V de valor eficaz en corriente alterna ó 60 V en corriente continua sin ondulación, si el material normalmente se utiliza únicamente en emplazamientos secos y si no se prevé contactos importantes de partes activas con el cuerpo humano;
- V de valor eficaz en corriente alterna ó 15 V en corriente continua sin ondulación en los demás casos.

NOTA: La conexión a tierra de los circuitos puede ser alcanzada por una apropiada conexión a tierra en la propia fuente.

6.2 Sistema MBTF

6.2.1 Generalidades

Cuando, por razones funcionales, es usada una tensión dentro de la banda I pero no son cumplidos todos los requerimientos del apartado 6.1 relativos a MBTS o MBTP, y donde MBTS o MBTP no son necesarias, las medidas complementarias descritas en los apartados 6.2.2 y 6.2.3 deben ser tomadas para asegurar la protección contra contacto directo e indirecto. Esta combinación de medidas es conocida como MBTF.

NOTA: Tales condiciones pueden, por ejemplo, ser encontradas cuando el circuito contiene materiales (tales como transformadores, relés, interruptores de control remoto, contactores) insuficientemente aislados con respecto a los circuitos de mayor tensión.

6.2.2 Protección contra contacto directo

Se debe proveer protección contra contacto directo por:

- barreras o envolturas de acuerdo con el apartado 7.2, o
- aislamiento correspondiente a la mínima tensión de prueba requerida por el circuito primario.

Cuando, sin embargo, el aislamiento de los materiales que son parte del circuito MBTF no es capaz de resistir la prueba de tensión especificada para el circuito primario, el aislamiento de las partes no accesibles de los materiales debe reforzarse durante la construcción de forma tal que pueda resistir una tensión de prueba de 1 500 V eficaces en corriente alterna por 1 min.

NOTA: El valor de esta tensión puede ser revisado en fecha posterior dependiendo de los resultados de la normalización internacional en coordinación de aislamiento en baja tensión.

6.2.3 Protección contra contacto indirecto

Se debe proveer protección contra contacto indirecto por:

- conexión de las partes conductoras expuestas de los materiales del circuito MBTF al conductor de protección del circuito primario, previendo que este último está

sujeto a una de las medidas de protección por corte automático de la alimentación descrita en el apartado 8.1; esto no evita la conexión de un conductor vivo del circuito MBTF al conductor de protección del circuito primario, o

- conexión de las partes conductoras expuestas de los materiales del circuito MBTF al conductor de enlace equipotencial no conectado a tierra del circuito primario, donde es aplicada la protección mediante separación eléctrica de acuerdo con el apartado 8.5 al circuito primario.

6.2.4 Enchufes y tomas de corriente

Los enchufes y tomas de corriente para el sistema MBTF deben cumplir con los requerimientos siguientes:

- los enchufes no deben entrar en tomas de corriente de tensiones distintas, y
- las tomas de corriente no deben admitir enchufes de tensiones distintas.

7. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS

7.1 Protección por aislamiento de las partes activas

NOTA: El aislamiento tiene por finalidad impedir todo contacto con las partes activas.

Las partes activas deben estar completamente recubiertas por un aislamiento que sólo pueda quitarse por destrucción.

Para los materiales producidos en fábrica, el aislamiento debe estar conforme a los requisitos correspondientes relativos a estos materiales.

Para los demás materiales, la protección debe garantizarse mediante un aislamiento que pueda soportar, de manera duradera, las limitaciones a las cuales puede estar sujeto, tales como influencias mecánicas, químicas, eléctricas y térmicas. Las pinturas, barnices, lacas y productos análogos, por regla general, no se considera que constituyan un aislamiento suficiente en el marco de la protección contra los contactos directos en servicio normal.

NOTA: Si el aislamiento se realiza en la construcción de la instalación, la calidad de este aislamiento debe ser confirmada mediante ensayos análogos a los realizados para verificar el aislamiento de los materiales producidos en fábrica.

7.2 Protección mediante barreras o envolventes

NOTA: Las barreras o envolventes tienen la intención de prevenir cualquier contacto con partes vivas.

7.2.1 Las partes activas deben colocarse en el interior de envolventes o detrás de barreras que posean por lo menos el grado de protección IP2X ó IPXXB; sin embargo, si se producen aberturas más grandes durante la sustitución de partes tales como determinados casquillos, tomas de corriente o fusibles, o si se requieren aberturas más grandes para permitir el buen funcionamiento de los materiales conforme a las normas aplicables a estos materiales:

- deben adoptarse oportunas precauciones para impedir que las personas o animales de cría toquen accidentalmente las partes activas, y
- debe garantizarse que, en la medida de lo posible, las personas sean conscientes del hecho de que las partes accesibles por la abertura son partes activas y no deben ser tocadas.

7.2.2 Las superficies superiores de las barreras o de las envolventes horizontales que quedan fácilmente accesibles deben cumplir por lo menos el grado de protección IP4X ó IPXXD.

7.2.3 Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos con una

separación suficiente de las partes activas en las condiciones conocidas de servicio normal, teniendo en cuenta las influencias externas.

7.2.4 Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolturas o retirar partes de envolventes, esto debe ser posible únicamente:

- bien con ayuda de una llave o de una herramienta;
- bien después de desconectar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no debiendo ser posible restablecer la tensión de alimentación hasta después de haber vuelto a colocar las barreras o envolventes;
- bien si se intercala una segunda barrera que posea por lo menos el grado de protección IP2X ó IPXXB, la cual sólo pueda retirarse con ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

7.3 Protección mediante obstáculos

NOTA: Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios mediante un intento deliberado de contornear el obstáculo.

7.3.1 Los obstáculos deben impedir:

- bien una aproximación física no intencionada de las partes activas;
- bien los contactos no intencionales con las partes activas cuando se realizan intervenciones en materiales bajo tensión en servicio normal de operación.

7.3.2 Los obstáculos pueden ser desmontables sin ayuda de una llave; sin embargo, deben sujetarse de manera que se impida todo desmontaje involuntario.

7.4 Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

NOTA: La puesta fuera de alcance por alejamiento está destinada únicamente a impedir contactos fortuitos con partes activas.

7.4.1 En ambientes con partes a diferente potencial simultáneamente accesibles estas deben estar fuera del alcance de la mano.

NOTA: Dos partes se consideran simultáneamente accesibles si no distan más de 2,5 m (véase la Figura 1).

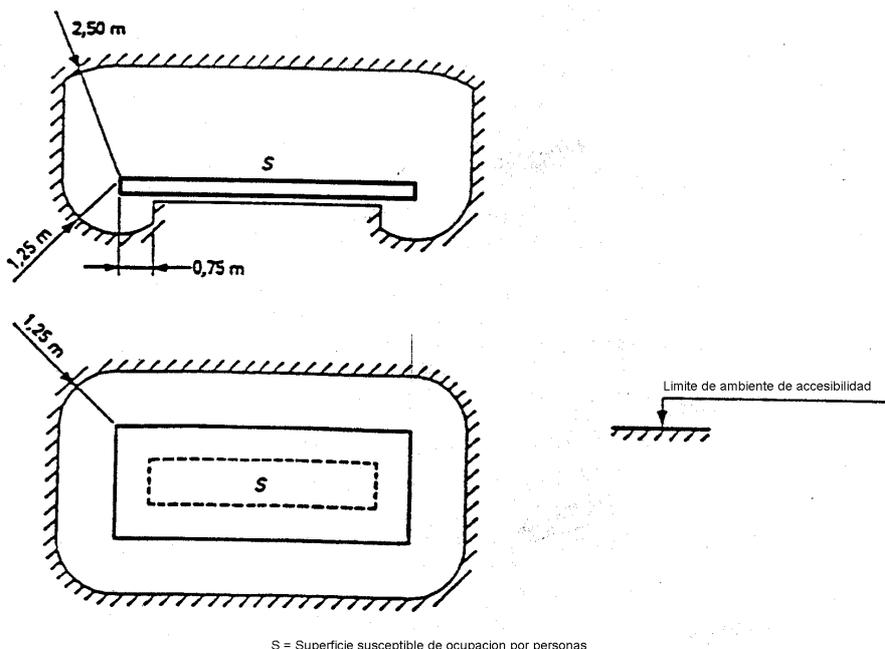


FIGURA 1- Ambiente de accesibilidad

7.4.2 Cuando el espacio en el cual se encuentran y circulan habitualmente las personas esté limitado en una dirección horizontal por un obstáculo (por ejemplo, listón de protección, barandilla, panel enrejillado) con un grado de protección inferior a IP2X ó IPXXB, el ambiente de accesibilidad comienza a partir de este obstáculo. En dirección vertical, el ambiente de accesibilidad está limitado a 2,50 m a partir de la superficie S en la cual se encuentran o circulan las personas, sin tener en cuenta los obstáculos intermedios que presentan un grado de protección inferior a IP2X o IPXXB.

NOTA: Las distancias del ambiente de accesibilidad suponen un contacto directamente con las manos desnudas sin intermediario (por ejemplo una herramienta o escalera).

7.4.3 En los emplazamientos en que se manipulan corrientemente objetos conductores de gran longitud y voluminosos, deben aumentarse las distancias descritas en los apartados 7.4.1 y 7.4.2 teniendo en cuenta las dimensiones de estos objetos.

7.5 Protección complementaria por dispositivos de protección de corriente diferencial - residual

NOTA: La utilización de dispositivos de corriente diferencial - residual sólo sirve para reforzar otras medidas de protección contra los choques eléctricos en servicio normal.

7.5.1 El empleo de dispositivos de corriente diferencial - residual, cuya corriente diferencial asignada de funcionamiento es inferior o igual a 30 mA, está reconocido como una medida de protección complementaria en servicio normal, en caso de falla de otras medidas de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia por parte de los usuarios.

7.5.2 La utilización de tales dispositivos no está reconocida como que constituya por sí misma una medida de protección completa y no exime en absoluto del empleo de una de las medidas de protección enunciadas en los apartados 7.1 hasta el apartado 7.4.

7.5.3 Cuando está prevista una protección por corte automático de la alimentación, los dispositivos de protección de corriente residual con corrientes de operación residual nominales no mayores de 30 mA deben usarse para proteger tomas de corriente con corriente nominal no mayor de 20 A ubicadas al exterior, y tomas de corriente las cuales razonablemente pueden esperarse que alimenten equipos portátiles para uso exterior.

NOTAS

1. Cuando una instalación está prevista a ser usada por equipos portátiles al exterior, se recomienda que una o más de las tomas de corriente, según sea necesario, sean ubicadas adecuadamente al exterior.

2. Otros casos donde son requeridos los dispositivos de protección de corriente residual con corriente de operación residual nominal no mayor de 30 mA están descritos en la IEC 60364-7.

3. Cuando se provee protección por corte automático de la alimentación, el uso de dispositivos de protección de corriente residual con corriente de operación residual nominal no mayor de 30 mA es particularmente recomendado, para proveer protección adicional de acuerdo a 7.5, para proteger tomas de corriente que tengan una corriente nominal no mayor de 20 A, que se piensa usar por personas no calificadas.

8. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS

8.1 Protección contra corte automático de la alimentación

NOTAS:

1. El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un riesgo de efecto fisiológico peligroso en una persona, en caso de defecto, debido al valor y la duración de la tensión de contacto (véase la IEC 60479).

2. Esta medida de protección requiere la coordinación entre los esquemas de las conexiones a tierra y las características de los conductores de protección y los dispositivos de protección. Una explicación de la derivación de los requerimientos de esta medida de protección, así como unas curvas de referencia derivadas de la IEC 60479 se presentan en la IEC/TR 61200-413.

8.1.1 Generalidades

NOTA: En los apartados 8.1.3 hasta 8.1.5 se indican medios convencionales que permiten satisfacer las normas de los apartados 8.1.1.1 y 8.1.1.2 en función del esquema de las conexiones a tierra.

8.1.1.1 Interrupción de la alimentación: Un dispositivo de protección debe aislar automáticamente de la alimentación el circuito o el material protegido contra los contactos indirectos por este dispositivo de tal manera que, tras un defecto entre una parte activa y masa en el circuito o el material, no se pueda mantener una tensión de contacto supuesta superior a 50 V eficaces en corriente alterna ó 120 V de corriente continua sin ondulación durante un tiempo suficiente para crear un riesgo de defecto fisiológico peligroso para una persona en contacto con partes conductoras simultáneamente accesibles.

Sin tener en cuenta el valor de la tensión de contacto, en determinadas circunstancias se admite un tiempo de interrupción no superior a 5 s según el esquema de la conexión a tierra.

NOTAS:

1. Puede admitirse mayores valores en el tiempo de desconexión y la tensión que los requeridos en este capítulo en sistemas de generación y distribución de energía eléctrica.
2. Se puede requerir menores valores de tiempo de desconexión para instalaciones especiales o ubicaciones de acuerdo a partes relevantes de la IEC 60364-7 y 8.3.
3. En el esquema IT, el corte automático, por regla general, no se prescribe cuando se trata de un primer defecto (véase 8.1.5).
4. Los requisitos de este artículo son aplicables para instalaciones alimentadas en frecuencias comprendidas entre 15 Hz y 1 000 Hz y para una corriente continua sin ondulación.
5. El término “sin ondulación” está definido convencionalmente por un porcentaje de ondulación no superior al 10 % del valor eficaz; para una tensión nominal de 120 V en corriente continua sin ondulación, el valor máximo de cresta no será superior a 140 V.

8.1.1.2 Puesta a tierra y conductores de protección: Las masas deben conectarse a conductores de protección en condiciones específicas para cada esquema de conexiones a tierra.

Las masas accesibles simultáneamente deben conectarse al mismo sistema de puesta a tierra, individualmente, en grupos o colectivamente.

NOTA: Para las disposiciones de puesta a tierra y los conductores de protección véase la NTP 370.053.

8.1.2 Conexiones equipotenciales

8.1.2.1 Conexión equipotencial principal: En cada edificio las siguientes partes conductoras deben conectarse a la conexión equipotencial principal:

- el conductor de protección principal;

- el conductor principal de tierra o el borne principal de tierra;
- canalizaciones metálicas de servicios en el interior del edificio, por ejemplo: agua, gas;
- partes de estructuras metálicas, sistemas centrales de calefacción y aire acondicionado, si existen.

Cuando tales elementos conductores provengan del exterior del edificio, la conexión debe efectuarse lo más cerca posible a su punto de entrada al edificio.

Los conectores de la conexión equipotencial principal deben satisfacer las prescripciones de la NTP 370.053.

La conexión equipotencial principal debe abarcar las envolturas metálicas de los cables de telecomunicaciones. No obstante, debe obtenerse la autorización de los propietarios o de los usuarios de los cables.

8.1.2.2 Conexión equipotencial complementaria: Si las condiciones de protección definidas por el apartado 8.1.1.1 no pueden cumplirse en una instalación o parte de instalación, se ha de realizar una conexión local denominada conexión equipotencial complementaria (véase el apartado 8.1.6)

NOTAS:

1. La utilización de conexiones equipotenciales complementarias no exime de la obligación de interrupción de la alimentación por otros motivos, tales como protección contra incendios, limitaciones térmicas de los materiales, etc.;
2. Esta conexión equipotencial complementaria puede abarcar toda la instalación, una parte de ésta, un aparato o un emplazamiento;
3. Pueden ser necesarias prescripciones adicionales para emplazamientos especiales (véase la IEC 60364-5-54).

8.1.3 Esquemas TN⁷

8.1.3.1 Todas las masas de la instalación deben conectarse al punto de alimentación puesto a tierra mediante conductores de protección que deben ponerse a tierra en un punto próximo a cada transformador de alimentación o de cada generador.

El punto de alimentación puesto a tierra, por lo general, es el punto de neutro. Si no existe punto de neutro, o no está accesible, debe ponerse a tierra un conductor de fase. En ningún caso el conductor de fase debe servir de conductor PEN⁸ (véase apartado 8.1.3.2).

NOTAS:

1. Si existen posibilidades eficaces de puesta a tierra, se recomienda conectar a tierra el conductor de protección en el mayor número posible de puntos. Puede ser necesaria una puesta a tierra múltiple, en puntos uniformemente repartidos, para asegurar que el potencial del conductor de protección permanezca, en caso de defecto, lo más próximo posible al de tierra.

En zonas de edificios, donde por razones prácticas no son posibles puestas a tierra adicionales de los conductores de protección. En este caso, las conexiones equipotenciales entre conductores de protección y elementos conductores tienen una función similar.

2. Por idéntico motivo, se recomienda conectar los conductores de protección a tierra en su punto de entrada a un edificio o establecimiento.

8.1.3.2 En las instalaciones fijas puede emplearse un solo conductor que actúa al mismo tiempo de conductor de protección y de conductor de neutro (conductor PEN), con la reserva de que se cumplan las restricciones de 546.2 de la IEC 60364-5-54. El conductor PEN no debe ser aislado o seccionado.

8.1.3.3 Las características de los dispositivos de protección (véase apartado 8.1.3.8) y las impedancias de los circuitos deben ser tales que, si en un punto cualquiera se produce un defecto de impedancia despreciable entre un conductor de fase y el conductor de

⁷ Véase Anexo B de este NTP.

⁸ PEN, conductor que combina las funciones del neutro y conductor de protección.

protección o una masa, la interrupción automática se produzca en un tiempo como máximo igual al valor especificado. La condición siguiente cumple este requisito:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

donde:

Z_s es la impedancia, en ohm, del bucle de defecto, incluida la fuente, el conductor activo hasta el punto de defecto y el conductor de protección entre el punto de defecto y la fuente;

I_a es la corriente, en ampere, que asegura el funcionamiento del dispositivo de interrupción automático en el tiempo definido en la tabla 1 como una función de la tensión nominal U_o , o en las condiciones definidas en el apartado 8.1.3.4, en un tiempo convencional no superior a 5 s;

U_o es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

TABLA 1 - Tiempos de interrupción máximos en el esquema TN

U_o * (V)	Tiempo de Interrupción (s)
Hasta 230	0,4
400	0,2
>400	0,1

* Valores basados en la IEC 60038

NOTAS:

1. Para las tensiones que están dentro de los límites definidos por la IEC 60038 son apropiados los tiempos de interrupción aplicables a las tensiones nominales.
2. Para valores intermedios de tensión, debe utilizarse el valor de tensión inmediato superior indicado en la tabla anterior.

8.1.3.4 Los tiempos de interrupción máximos indicados en la Tabla 1 se estima que cumplen el requisito del apartado 8.1.1.1 para los circuitos terminales que alimentan, mediante tomas de corriente o directamente sin toma de corriente, materiales móviles o portátiles de clase I.

8.1.3.5 Se admite un tiempo de interrupción convencional no superior a 5 s para los circuitos de distribución (de los edificios).

Un tiempo de interrupción superior al tiempo establecido por la Tabla 1, pero no superior a 5 s, se admite para un circuito terminal que alimente únicamente a materiales fijos, con la condición que, si otros circuitos para los cuales se ha prescrito el tiempo de interrupción de la tabla 1 están conectados a un mismo tablero o al circuito de distribución que alimenta este circuito terminal, debe cumplirse una de las siguientes condiciones:

- a) La impedancia, en ohm, del conductor de protección entre el tablero de distribución y el punto de conexión del conductor de protección a la conexión equipotencial principal no debe ser superior a:

$$\frac{50 \times Z_s}{U_o} \quad (\Omega)$$

ó

- b) una conexión equipotencial conecta al tablero de distribución los mismos tipos de elementos conductores que la conexión equipotencial principal y cumple los requisitos del apartado 8.1.2.1 relativos a la conexión equipotencial principal.

8.1.3.6 Si no pueden cumplirse las condiciones de los apartados 8.1.3.3, 8.1.3.4 y 8.1.3.5 con los dispositivos de protección contra las sobrecorrientes, debe realizarse una conexión equipotencial complementaria conforme al apartado 8.1.2.2. Como variante, la protección debe garantizarse mediante dispositivos de protección de corriente diferencial residual.

8.1.3.7 En casos excepcionales en los cuales pueda producirse un defecto entre un conductor de fase y tierra, como por ejemplo en líneas aéreas, debe cumplirse la condición siguiente con el fin de que el conductor de protección y las masas conectadas al mismo no puedan presentar una tensión respecto a tierra superior a 50 V:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{50}{U_o - 50}$$

donde:

R_B es la resistencia global de las puestas a tierra en paralelo (incluida la puesta a tierra de la red);

R_E es la resistencia mínima de contacto a tierra de los elementos conductores no conectados al conductor de protección, mediante los cuales puede producirse un defecto entre fase y tierra;

U_o es la tensión nominal entre fase y tierra, valor eficaz en corriente alterna.

8.1.3.8 En el esquema TN, pueden utilizarse los dispositivos de protección siguientes:

- dispositivos de protección contra sobrintensidades;
- dispositivos de protección de corriente diferencial residual;

Con la reserva de que:

- no se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial residual en el esquema TN-C;
- cuando se utilice un dispositivo de protección de corriente diferencial residual en un esquema TN-C-S, no debe utilizarse un conductor PEN aguas abajo. La conexión de conductor de protección a conductor PEN debe efectuarse aguas arriba del dispositivo de protección de corriente diferencial residual.

8.1.4 Esquema TT⁹

8.1.4.1 Todas las masas protegidas por idéntico dispositivo de protección deben conectarse a los conductores de protección y conectarse a idéntica toma de tierra. Si se instalan en serie varios dispositivos de protección, este requisito se aplica por separado a todas las masas protegidas por cada dispositivo.

Debe ponerse a tierra el punto neutro o, si no existe, un conductor de fase de cada transformador o generador.

8.1.4.2 Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

donde:

R_A es la suma de las resistencias, en ohm, de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas;

I_a es la corriente, en ampere, que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial residual, I_a es la corriente diferencial residual asignada $I_{\Delta n}$.

Para propósitos de selectividad, los dispositivos temporizados de corriente diferencial residual del tipo S (véase las IEC 61008-1 e IEC 61009-1), pueden utilizarse en serie con dispositivos de corriente diferencial residual de tipo general. Con el fin de asegurar la selectividad con dispositivos temporizados de corriente diferencial residual del tipo S, se admite un tiempo de funcionamiento de como máximo igual a 1 s en los circuitos de distribución.

⁹ Véase Anexo B de esta NTP

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra sobrecorrientes, debe ser:

- un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso donde I_a debe ser la corriente, en amperes, que asegure el funcionamiento automático en 5 s como máximo; o
- un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea donde I_a debe ser la corriente mínima, en amperes, que asegure el funcionamiento instantáneo.

8.1.4.3 Si no puede cumplirse la condición del apartado 8.1.4.2, debe realizarse una conexión equipotencial complementaria conforme al apartado 8.1.2.2 y 8.1.6.

8.1.4.4 En el esquema TT, se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- dispositivos de corriente diferencial residual;
- dispositivos de protección contra sobrecorrientes.

NOTAS:

1. los dispositivos de protección contra sobrecorrientes son utilizables para protección contra los contactos indirectos en el esquema TT únicamente si las resistencias R_A son las suficientemente bajas y permanentes para que actúen tales dispositivos;
2. La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.

8.1.5 Esquema IT¹⁰

¹⁰ Véase Anexo B de esta NTP

8.1.5.1 En el esquema IT, la instalación debe aislarse de tierra o conectarse a tierra a través de una impedancia de valor suficientemente elevado. Esta conexión se realiza bien en el punto neutro de la instalación o bien en un punto neutro artificial que puede conectarse directamente a tierra si la impedancia homopolar correspondiente posee un valor suficiente. Cuando no exista ningún punto de neutro, un conductor de fase puede conectarse a tierra a través de una impedancia.

En caso de que exista un solo defecto a masa o a tierra, la corriente de defecto es débil y la interrupción no es obligatoria si se cumple la condición del apartado 8.1.5.3. No obstante, deben adoptarse medidas para evitar un riesgo de efecto fisiológico peligroso para una persona en contacto con partes conductoras simultáneamente accesibles, en caso de producirse dos efectos simultáneos.

8.1.5.2 No se debe conectar directamente a tierra un conductor vivo de la instalación.

NOTA: Con el fin de reducir las sobretensiones y amortiguar las oscilaciones en la instalación, puede ser necesaria la puesta a tierra mediante impedancia o puntos de neutro artificiales, es conveniente que sus características sean adecuadas para las de la instalación.

8.1.5.3 Las masas deben conectarse a tierra, bien individualmente, por grupos o en conjunto.

NOTA: En zonas de edificios, donde por razones prácticas no son posibles puestas a tierra para los conductores de protección, la puesta a tierra de masas puede realizarse mediante enlaces entre los conductores de protección, las masas y los elementos conductores.

Debe cumplirse la condición siguiente:

$$R_A \times I_d \leq 50 \text{ V}$$

donde:

R_A es la suma de las resistencias, en ohm, de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas;

I_d es la corriente de defecto, en ampere, en caso de un primer defecto franco de baja impedancia entre un conductor de fase y la masa. El valor de I_d tiene en cuenta corrientes de fuga y la impedancia global de puesta a tierra de la instalación eléctrica.

8.1.5.4 En casos que por continuidad del suministro se use un esquema IT, debe preverse un controlador permanente de aislamiento para indicar la aparición de un primer defecto de una parte activa a masa o tierra, este dispositivo debe activar una señal acústica y/o una señal visual.

Si hay ambas señales acústica y visual, se permite que la señal acústica sea cancelada, pero la alarma visual debe continuar el tiempo que la falla persista.

NOTA: Se recomienda eliminar un primer defecto en un tiempo lo más corto posible.

8.1.5.5 Después de la aparición de un primer defecto, las condiciones de interrupción de la alimentación en caso de un segundo defecto serán las siguientes, sea que todas las masas estén interconectadas por un conductor de protección (colectivamente puestas a tierra), o estén puestas a tierra en grupos o individualmente:

- a) Cuando se pongan a tierra masas por grupos o individualmente, las condiciones de protección son las del apartado 8.1.4, como para el esquema TT, a excepción del segundo apartado del apartado 8.1.4.1 que no se aplica.
- b) Cuando las masas sean interconectadas mediante un conductor de protección, puestas colectivamente a tierra, se aplican las condiciones del esquema TN como se explica en el apartado 8.1.5.6.

8.1.5.6 Debe cumplirse la condición siguiente cuando el neutro no está distribuido:

$$Z_s \leq \sqrt{3} U_0$$

$$2 I_a$$

o cuando el neutro está distribuido:

$$Z'_s \leq \frac{U_0}{2 I_a}$$

donde:

U_0 es la tensión nominal entre fase y neutro, en volt, valor eficaz en corriente alterna;

U es la tensión entre fases, en volt, valor eficaz en corriente alterna;

Z_s es la impedancia del bucle de defecto, en ohm, constituido por el conductor de fase y el conductor de protección del circuito;

Z'_s es la impedancia del bucle de defecto, en ohm, constituido por el conductor neutro y el conductor de protección del circuito;

I_a es la corriente, en ampere, que garantiza el funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo t prescrito en la Tabla 2, según el caso, o en un margen de como máximo 5 s en todos los demás circuitos cuando sea admisible ese tiempo.

TABLA 2 – Tiempos máximos de interrupción en el esquema IT (segundo defecto)

Tensión nominal en la instalación U_0/U (V)	Tiempo de interrupción (s)	
	Neutro no Distribuido	Neutro Distribuido
Hasta 230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1 000	0,1	0,2

NOTAS:
1 Para las tensiones que están dentro de los límites de tolerancia definidos por la IEC 60038 son aplicables los tiempos de interrupción correspondientes a las tensiones nominales.
2 Para los valores intermedios de tensión, debe utilizarse el valor de tensión inmediato superior de la tabla.

8.1.5.7 En el esquema IT, pueden utilizarse los dispositivos de control y de protección siguientes:

- controladores permanentes de aislamiento;
- dispositivos de protección contra sobreintensidades;
- dispositivos de protección de corriente diferencial residual.

8.1.6 Conexión equipotencial complementaria

8.1.6.1 La conexión equipotencial complementaria debe comprender todos los elementos conductores simultáneamente accesibles, ya se trate de masas de materiales fijos o de elementos conductores, incluidos, en la medida de lo posible, las armaduras principales de hormigón armado utilizadas en la construcción de edificios. En este sistema equipotencial deben conectarse los conductores de protección de todos los materiales, incluidos los de las tomas de corriente.

8.1.6.2 En caso de dudas sobre la eficacia de conexión equipotencial complementaria, debe verificarse asegurándose de que la resistencia R entre toda masa considerada y todo elemento conductor simultáneamente accesible cumple la condición siguiente:

$$R \leq \frac{50}{I_a}$$

donde:

I_a es la corriente, en ampere, de funcionamiento del dispositivo de protección:

- $I_{\Delta n}$ para los dispositivos de protección de corriente diferencial residual;
- La corriente de funcionamiento en un tiempo de 5 s para los dispositivos de protección contra sobrecorrientes.

8.1.7 Requerimientos relativos a condiciones de influencia externa

Se aplica, en general, la condición del apartado 8.1.

En las instalaciones o parte de ellas para las cuales la correspondiente parte de la IEC 60364-7 (por ejemplo 7-704 ó 7-705) limita la tensión de toque a 25 V en corriente alterna, ó 60 V en corriente continua sin ondulación, se aplica uno de los requerimientos del apartado 8.1.7.1 u 8.1.7.2.

NOTAS

1. Se aplican los requerimientos del apartado 8.1.7.1 cuando la tensión de toque reducida es aplicable a toda la instalación.
2. Se aplica uno de los requerimientos del apartado 8.1.7.2 cuando la tensión de toque reducida es aplicable sólo a una parte de la instalación.

8.1.7.1 En las instalaciones para las cuales la correspondiente parte de la IEC 60364-7 (por ejemplo 7-704 ó 7-705) limita la tensión de toque a 25 V en corriente alterna, ó 60 V en corriente continua sin ondulación, se aplican los siguientes requerimientos:

- en los esquemas TN e IT, el tiempo de desconexión máximo definido en las Tablas 1 y 2 debe reemplazarse por los siguientes:

TABLA 3 – Máximo tiempo de desconexión

Esquema TN		Esquema IT		
Tensión nominal de la instalación	Tiempo de desconexión	Tensión nominal de la instalación	Tiempo de desconexión s	
U_o^a V	s	U_o/U V	Neutro no distribuido	Neutro distribuido
hasta 230	0,2	hasta 230/400	0,2	0,5
400,488	0,05	400/690	0,06	0,2
580	0,02 ^b	580/1 000	0,02 ^b	0,08

^a U_o es la tensión entre fase y neutro.
^b Si no puede garantizarse ese tiempo de desconexión, es necesario tomar otras medidas de protección, tal como un enlace equipotencial complementario.

- en esquemas TT, la condición del apartado 8.1.4.2 es reemplazada por la siguiente:

$$R_A \times I_a \leq 25 \text{ V}$$

- en esquemas IT, la condición del apartado 8.1.5.3 es reemplazada por la siguiente:

$$R_A \times I_d \leq 25 \text{ V}$$

8.1.7.2 En la parte de la instalación para la cual la correspondiente parte de la IEC 60364-7 limita la tensión de toque a 25 V en corriente alterna, ó 60 V en corriente continua sin ondulación, la regla del apartado 8.1 puede ser aplicada si se toma una de las siguientes medidas:

- aplicación de un enlace equipotencial complementario de acuerdo a la condición del apartado 8.1.6, el valor 50 en la fórmula del apartado 8.1.6.2 es reemplazado por 25;
- protección por dispositivos de corriente residual, para el cual la corriente de operación residual nominal no es mayor de 30 mA.

NOTA: La condición de esta subcláusula provee protección para toda la instalación, de acuerdo con las condiciones generales del apartado 8.1 y también de acuerdo con los requerimientos de la IEC 60364-7 para protección complementaria en ubicaciones especiales, donde estos requerimientos invocan por una limitación de la tensión de toque.

8.2 Protección empleando materiales de la Clase II o mediante aislamiento equivalente

NOTA: Esta medida se ha previsto para impedir la aparición de tensiones peligrosas en las partes accesibles de materiales eléctricos cuando se produce un defecto del aislamiento principal.

8.2.1 La protección debe asegurarse por el material eléctrico, o aislamiento complementario o reforzado, según se describe a continuación:

8.2.1.1 Materiales eléctricos de los tipos siguientes que hayan sido sometidos a los ensayos de tipo y que hayan sido identificados según las normas aplicables a los mismos:

- materiales con un aislamiento doble o reforzado (materiales de la Clase II);
- equipos eléctricos montados en fábrica que posean un aislamiento total (véase la IEC 60439).

NOTA: Estos materiales vienen marcados por el símbolo



8.2.1.2 Un aislamiento complementario que recubra los materiales eléctricos, que poseen sólo un aislamiento principal, procesado en el montaje de la instalación eléctrica;

este aislamiento garantiza una seguridad equivalente a la de los materiales conformes al apartado 8.2.1.1 y cumple las condiciones especificadas en los apartados 8.2.2 hasta 8.2.6.

NOTA: El símbolo  debe colocarse de manera visible en el exterior e interior de la envolvente.

8.2.1.3 Un aislamiento reforzado que recubra las partes activas descubiertas, procesado en el montaje de la instalación eléctrica; éste garantiza una seguridad equivalente a la de los materiales eléctricos conforme al apartado 8.2.1.1 y cumple las condiciones especificadas en los apartados 8.2.3 hasta 8.2.6; tal aislamiento es admisible únicamente cuando, por motivos de construcción, no sea posible la realización del doble aislamiento.

NOTA: El símbolo  debe colocarse de manera visible en el exterior e interior de la envolvente.

8.2.2 El material eléctrico que está listo para operación, con todas sus partes conductoras separadas de las partes activas sólo por un aislamiento principal deben encerrarse en una envolvente aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB.

8.2.3 La envolvente aislante debe poder soportar los esfuerzos mecánicos, eléctricos o térmicos susceptibles de producirse.

Por lo general, no se considera que los revestimientos de pintura, de barniz y de productos similares cumplan estos requisitos. No obstante, no excluye la utilización de envoltentes que hayan sido sometidas a los ensayos de este tipo y que estén recubiertas con tales revestimientos, si su empleo es admisible en las normas correspondientes y si tales revestimientos aislantes han sido ensayados en las condiciones de ensayo correspondientes.

NOTA: Para los requisitos relativos a las líneas de fuga y a las distancias de aire, véase la IEC 60664.

8.2.4 Si la envolvente aislante no ha sido previamente ensayada y persisten dudas sobre su eficacia, debe llevarse a cabo un ensayo dieléctrico según las condiciones especificadas en la IEC 60364-6.

8.2.5 La envolvente aislante no debe estar atravesada por partes conductoras susceptibles de transmitir un potencial. La envolvente no debe ir provista de tornillos de material aislante cuya sustitución por un tornillo metálico pudiera suponer un compromiso para el aislamiento obtenido por la envolvente.

NOTA: Cuando sea inevitable que la envolvente aislante sea atravesada por uniones mecánicas (por ejemplo actuadores de aparatos incorporados dentro del material), éstas deben estar dispuestas de tal manera que la protección contra choques eléctricos no se vea comprometida.

8.2.6 Cuando la envolvente esté provista de puertas o tapas que puedan ser abiertas sin ayuda de una herramienta o de una llave, todas las partes conductoras que sean accesibles cuando están abiertas la puerta o la tapa, deben ser protegidas por una barrera aislante que posea por lo menos el grado de protección IP2X o IPXXB, con el fin de impedir a las personas tocar accidentalmente estas partes. Esta barrera aislante sólo debe poder quitarse con ayuda de una llave o de una herramienta.

8.2.7 Las partes conductoras encerradas en una envolvente aislante no deben estar conectadas a un conductor de protección. No obstante, pueden adoptarse disposiciones para la conexión de conductores de protección que pasen necesariamente a través de la envolvente. En el interior de la envolvente, tales conductores deben estar aislados como partes activas y los bornes deben estar identificados de manera adecuada.

Las partes conductoras accesibles y las partes intermedias no deben estar conectadas a un conductor de protección, excepto si esto está previsto por las normas del material de construcción correspondiente.

8.2.8 La envolvente no debe perjudicar las condiciones de funcionamiento del material de este modo protegido.

8.2.9 La instalación de los materiales enunciados en el apartado 8.2.1.1 (fijación, conexión de los conductores, etc.) debe efectuarse con el fin de no perjudicar a la protección así asegurada conforme a las normas de construcción de estos materiales.

8.3 Protección en los locales (o emplazamientos) no conductores

NOTA: Esta medida de protección está destinada a impedir todo contacto simultáneo con partes que puedan estar a potenciales diferentes debido a un defecto del aislamiento principal de partes activas.

El empleo de materiales de Clase 0 está permitido si se cumplen todas las condiciones siguientes:

8.3.1 Las masas deben estar dispuestas de manera que, en condiciones normales, las personas no puedan ponerse en contacto simultáneo:

- a) con dos masas; o
- b) con una masa y cualquier elemento conductor.

Si tales elementos son susceptibles de estar a potenciales diferentes en caso de defectos del aislamiento principal de las partes activas.

8.3.2 En locales (o emplazamientos) no conductores, no debe haberse previsto ningún conductor de protección.

8.3.3 Se considera que se cumplen los requisitos del apartado 8.3.1 si el emplazamiento posee paredes y un suelo aislantes y si se cumple una o varias de las condiciones a continuación señaladas:

- a) Alejamiento respectivo de las masas y de los elementos conductores así como de las masas entre ellas. Este alejamiento se considera suficiente si la distancia entre dos elementos es de por lo menos 2 m, pudiendo reducirse esta distancia a 1,25 m por fuera del alcance de la mano.
- b) Interposición de obstáculos eficaces entre las masas y los elementos conductores. Tales obstáculos están considerados suficientemente eficaces si mantienen la distancia a salvar dentro de los valores indicados en el punto a) anterior.

Tales obstáculos no deben conectarse ni a tierra ni a masas, en la medida de lo posible deben ser de material aislante.

c) Aislamiento o disposición aislada de los elementos conductores. El aislamiento debe poseer una rigidez mecánica suficiente y poder soportar una tensión de ensayo de por lo menos 2 000 V. La corriente de fuga no debe ser superior a 1 mA en las condiciones normales de empleo.

8.3.4 Las paredes y suelos aislantes deben presentar una resistencia, bajo las condiciones especificadas en la IEC 60364-6, no inferior a:

- 50 k Ω , si la tensión nominal de la instalación no es superior a 500 V, o
- 100 k Ω , si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.

NOTA: Si la resistencia no es superior o igual, en todo punto, al valor especificado, estas paredes y estos suelos están considerados elementos conductores desde el punto de vista de la protección contra choques eléctricos.

8.3.5 Las disposiciones adoptadas deben ser duraderas y no deben poder inutilizarse. Asimismo, deben garantizar la protección de los materiales móviles cuando se considere la utilización de éstos.

NOTAS:

1. Se llama la atención sobre el riesgo de introducción en fecha posterior a la puesta en servicio de instalaciones eléctricas no estrictamente vigiladas, de otras partes (por ejemplo, materiales móviles de la Clase I o elementos conductores tales como canalizaciones de agua metálicas) susceptibles de anular la conformidad con el apartado 8.3.5.
2. Es importante vigilar que la humedad no pueda comprometer el aislamiento de paredes y suelos.

8.3.6 Deben adoptarse precauciones para evitar que elementos conductores puedan transmitir potenciales fuera del emplazamiento considerado.

8.4 Protección mediante enlaces equipotenciales locales no conectados a tierra

NOTA: Una conexión equipotencial local no conectada a tierra está destinada a impedir la aparición de una tensión de contacto peligrosa.

8.4.1 Conductores de enlace equipotencial deben conectar todas las masas y todos los elementos conductores simultáneamente accesibles.

8.4.2 La conexión equipotencial local de este modo realizada no debe estar en conexión con la tierra ni directamente ni a través de masas o de elementos conductores.

NOTA - Si no puede cumplirse este requisito, es aplicable la protección mediante interrupción automática de la alimentación (véase apartado 8.1).

8.4.3 Deben adoptarse precauciones para asegurar el acceso de personas al emplazamiento considerado sin que éstas puedan ser sometidas a una diferencia de potencial peligrosa, en particular, en el caso en que un suelo conductor aislado del terreno esté conectado a la conexión equipotencial local.

8.5 Protección mediante separación eléctrica

NOTA: La separación eléctrica para un circuito individual está destinada a impedir los choques eléctricos debidos a un contacto con las masas que puedan ponerse en tensión en el caso de defecto del aislamiento principal del circuito.

8.5.1 La protección por separación eléctrica debe asegurarse respetando el conjunto de requisitos enunciados en los apartados 8.5.1.1 hasta 8.5.1.5 así como:

- en el apartado 8.5.2, si el circuito separado alimenta a sólo un aparato; o
- en el apartado 8.5.3, si el circuito separado alimenta a varios aparatos.

NOTA: Se recomienda que el producto de la tensión nominal del circuito, en volt, por la longitud de la canalización, en metros, no sea superior a 100 000 y que la longitud de la canalización no sea superior a 500 m.

8.5.1.1 El circuito debe alimentarse a través de una fuente de separación, es decir:

- un transformador de aislamiento, o
- una fuente que provea un grado de seguridad equivalente al transformador de aislamiento antes especificado, por ejemplo un grupo motor - generador que posea devanados que proporcionen una separación equivalente.

NOTA: La habilidad de resistir una tensión de prueba particularmente alta se reconoce como un medio de asegurar el grado necesario de aislamiento.

Las fuentes de separación móviles conectadas a una red de alimentación deben elegirse o instalarse conforme a los requisitos del apartado 8.2

Las fuentes de separación fijas deben:

- elegirse o instalarse conforme a los requisitos del apartado 8.2; o
- deben ser tales que el circuito secundario quede separado del circuito primario y de la envolvente por un aislamiento que cumpla las condiciones del apartado 8.2; si tal fuente alimenta a varios aparatos, las masas de éstos no deben conectarse a la envolvente metálica de la fuente.

8.5.1.2 La tensión nominal del circuito separado no debe ser superior a 500 V.

8.5.1.3 Las partes activas del circuito separado no deben tener un punto común con otro circuito ni ningún punto conectado a tierra.

Con el fin de evitar los riesgos de los defectos a tierra, debe prestarse una especial atención al aislamiento de las partes respecto a tierra, concretamente en lo que respecta a los cables flexibles.

Las disposiciones adoptadas deben garantizar una separación eléctrica no menor a la que existe entre el primario y secundario de un transformador de aislamiento.

NOTA: En particular, es necesaria una separación eléctrica entre las partes activas de los materiales eléctricos tales como relés, contactores, elementos auxiliares de mando y cualquier parte de otro circuito.

8.5.1.4 Los cables flexibles deben estar visibles en toda parte de su longitud susceptible de sufrir daños mecánicos.

8.5.1.5 Para los circuitos separados se recomienda utilizar canalizaciones distintas. Si no puede evitarse el empleo de los conductores de una misma canalización para circuitos separados y otros circuitos, deben emplearse cables multipolares sin ningún tipo de revestimiento metálico o conductores aislados colocados en canaletas o conductos aislantes, con la reserva de que estos cables y conductores sean especificados para una tensión por lo menos igual a la tensión más elevada que interviene y que cada circuito esté protegido contra sobreintensidad.

8.5.2 Cuando el circuito separado no alimente más que un solo aparato, las masas del circuito no deben estar conectadas ni a un conductor de protección ni a masas de otros circuitos.

NOTA: Si las masas de los circuitos separados son susceptibles de estar en contacto, bien sea intencionalmente o fortuitamente con masas de otros circuitos, la protección contra los choques eléctricos ya no está basada en la sola medida de protección por separación eléctrica, sino en las medidas de protección correspondientes a dichas masas.

8.5.3 Si se adoptan precauciones para proteger el circuito separado contra todo tipo de daños y fallas de aislamiento, una fuente de alimentación, conforme al apartado 8.5.1, puede alimentar a varios aparatos, siempre que se cumplan todas las prescripciones de los apartados 8.5.3.1 hasta 8.5.3.4.

8.5.3.1 Las masas del circuito separado deben estar conectadas entre ellas mediante conductores de equipotencialidad aislados no conectados a tierra. Tales conductores no deben estar conectados ni a conductores de protección, ni a masas de otros circuitos, ni a elementos conductores.

NOTA: véase la nota del apartado 8.5.2.

8.5.3.2 Todos los tomacorrientes deben estar provistos con un contacto de tierra que debe conectarse a un conductor de enlace equipotencial previsto en el apartado 8.5.3.1.

8.5.3.3 A excepción de los cables que alimentan materiales de la Clase II, todos los cables flexibles deben ir provistos de un conductor de protección utilizado como conductor de enlace equipotencial.

8.5.3.4 En el caso de dos defectos francos que abarquen a masas y estén alimentados por dos conductores de polaridad distinta, un dispositivo de protección debe asegurar la interrupción en un tiempo como máximo igual al fijado en la tabla 1.

9. ANTECEDENTES

- | | | |
|-----|---------------------------|---|
| 9.1 | IEC 60364-4-41:2001 | Electrical installations of buildings. Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock. |
| 9.2 | UNE 20460-3 Parte 3 | Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 3: Determinación de las características generales. |
| 9.3 | UNE 20460-4-41 Parte 4-41 | Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos. |

ANEXO A
(INFORMATIVO)

**SÍNTESIS DE MUY BAJAS TENSIONES, MBTS, MBTP
Y MBTF**
**PRINCIPIOS RELATIVOS A LA SEPARACIÓN DE
PROTECCIÓN Y A LA PUESTA A TIERRA**

Método de separación		Puesta a tierra o conexión al conductor de protección		Términos y referencias
Fuentes	Circuitos	Circuitos	Masas	
Fuentes con separación de protección, por ejemplo transformador de seguridad conforme a la IEC 60742 o fuentes equivalentes	y Circuitos con separación de protección	Circuitos no conectados a tierra	Las masas no deben estar conectadas intencionalmente a tierra o a un conductor de protección*	MBTS de 6.1 hasta 6.1.4
		Los circuitos conectados o no a tierra permitidos	Las masas pueden conectarse a tierra o conectarse a un conductor de protección	MBTP de 6.1 hasta 6.1.3 y 6.1.5
Fuentes sin separación de protección, por ejemplo fuentes con solamente un aislamiento principal por ejemplo transformador	o Circuitos sin separación de protección	Los circuitos puestos a tierra están permitidos	Las masas deben estar conectadas al conductor de protección del circuito primario	MBTF 6.2

ANEXO B (INFORMATIVO)

TIPOS DE ESQUEMAS DE PUESTA A TIERRA

NOTAS:

1. Las figuras a continuación muestran ejemplos de sistemas trifásicos normalmente utilizados.
2. Los símbolos utilizados tienen la siguiente significación:

Primera letra: Situación de la alimentación con relación a tierra:

T = Conexión directa de un punto con tierra.

I = Aislamiento de todas las partes activas con relación a tierra, o bien, conexión de un punto con tierra a través de una impedancia.

Segunda letra: Situación de las masas de la instalación eléctrica con relación a tierra:

T = Masas unidas directamente a tierra, independientemente de la puesta a tierra eventual de un punto de alimentación.

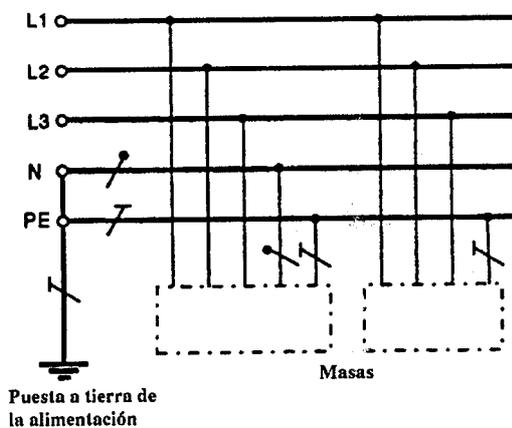
N = Masas unidas directamente al punto de alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, el punto puesto a tierra es normalmente el punto neutro, o si no hay disponible ningún neutro, un conductor de fase).

Otras letras (si existen): Disposición del conductor neutro y del conductor de protección:

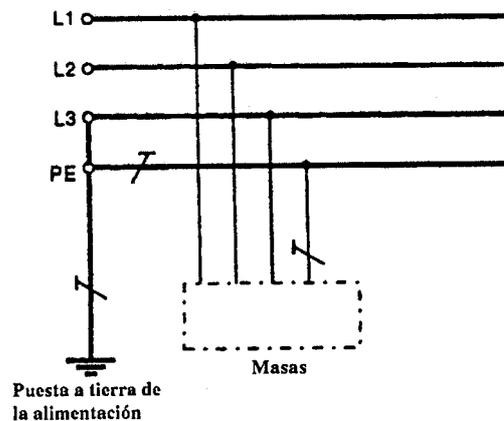
S = Funciones de protección aseguradas por un conductor distinto del neutro o desde el conductor de puesta a tierra (en sistema de corriente alterna, la fase a tierra).

C = Funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor (conductor PEN).

Para los símbolos de las siguientes figuras véase la Tabla al final.



Conductor neutro y de protección separados en el conjunto del esquema



Conductor activo puesto a tierra y conductor de protección separados en el conjunto del esquema

FIGURA 1 - Esquema TN-S

Conductor neutro y conductor de protección están separados en el conjunto del esquema

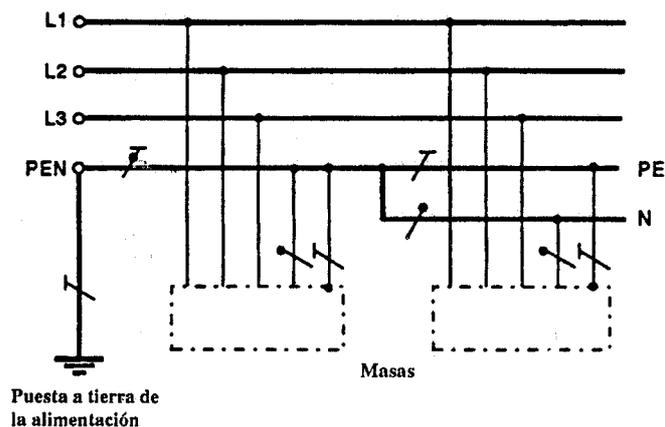


FIGURA 2 - Esquema TN-C-S

Funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor en una parte del esquema

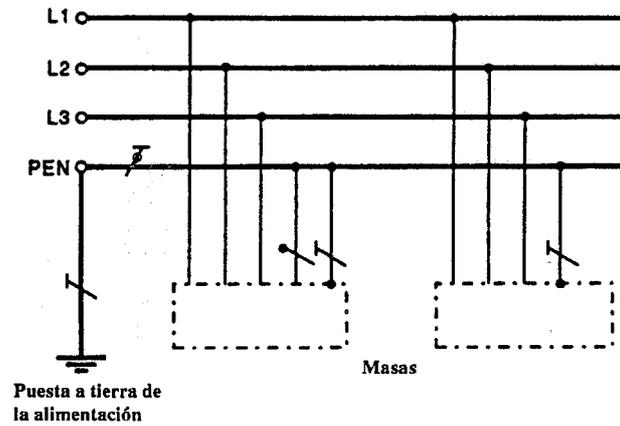


FIGURA 3 - Esquema TN-C

Funciones de neutro y de protección combinadas en un solo conductor en el conjunto del esquema

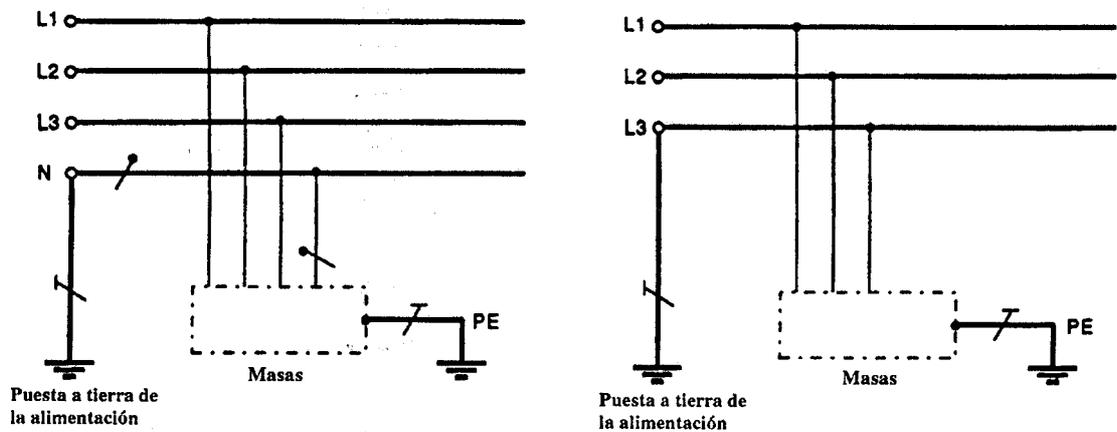
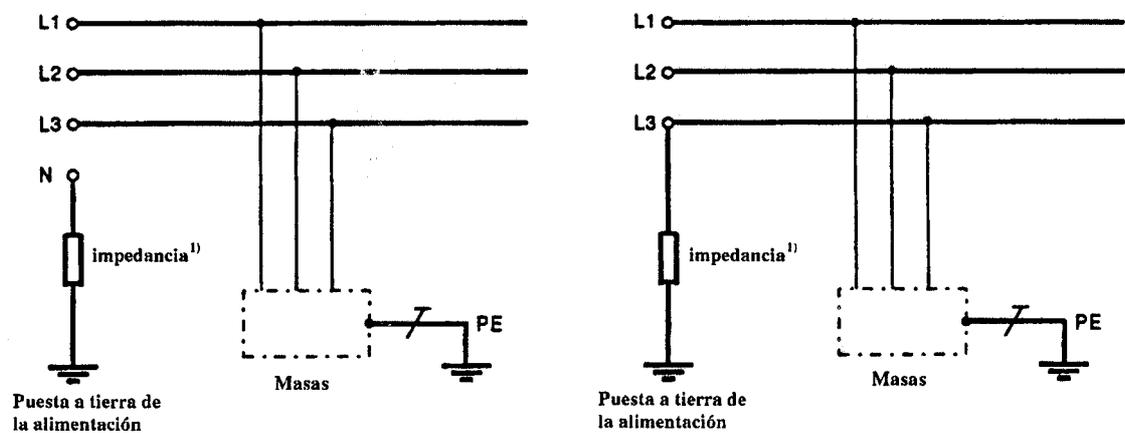


FIGURA 4 - Esquema TT

Punto de alimentación unido directamente a tierra, las masas de la instalación eléctrica están unidas a las tomas de tierra eléctricamente distintas de la toma de tierra de la alimentación



1) El sistema puede estar aislado de la tierra. El neutro puede o no estar distribuido.

FIGURA 5 - Esquema IT

Todas las partes activas aisladas de tierra o un punto conectado a tierra a través de una impedancia, estando las masas de la instalación:

- conectadas a una tierra independiente;
- conectadas colectivamente a tierra;
- conectadas colectivamente a la puesta a tierra del sistema.

Descripción de símbolos	
	Conductor neutro (N)
	Conductor de protección (PE)
	Conductor de protección y neutro combinados