

## **NOTA IMPORTANTE:**

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

**ININ/ Oficina Nacional de Normalización**

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

**Obligatoria**

**IEC 60364-4-44: 2005  
(Publicada por la IEC, 2003)**

---

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES—  
PARTE 4.44: PROTECCIÓN PARA LA SEGURIDAD—  
PROTECCIÓN CONTRA PERTURBACIONES DE LA  
TENSIÓN Y PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS  
(IEC 660364-4-44:2003, IDT)**

**Electrical installations of buildings—Part 4.44: Protection for safety—  
Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances**

---

**ICS: 91.140.50; 29.020; 91.120.40**

**1. Edición      Abril 2005  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

**Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.  
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: nc@ncnorma.cu**



**Cuban National Bureau of Standards**

## Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias de consenso.

Esta Norma Cubana:

• Ha sido elaborada por el NC/CTN 34: Instalaciones eléctricas y protección contra el choque eléctrico (CT64 del Comité Electrotécnico Cubano), integrado por especialistas de las entidades siguientes:

- Ministerio del Azúcar:
  - \_ Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ)
- Ministerio de la Construcción:
  - \_ Empresa de Proyectos para Industrias de la Básica (EPROB),
  - \_ Empresa de Proyectos de Industrias Varias (EPROYIV)
  - \_ Fábrica de Paneles Eléctricos Braulio Coroneaux (MAGESA)
- Ministerio de la Industria Básica
  - \_ Empresa de Ingeniería y Proyectos para la electricidad (INEL)
- Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
  - \_ Empresa de Proyectos de las FAR (EMPIFAR)
- Ministerio del Interior:
  - \_ Jefatura del Cuerpo de Bomberos
  - \_ Grupo de Proyectos
- Ministerio del Trabajo y Seguridad Social
  - \_ Instituto Estudios Investigaciones del Trabajo (IEIT)
- Poder Popular
  - \_ Empresa de Proyectos Diseño Ciudad Habana (DCH)
  - \_ Sistema Empresarial Integrado S. A. (SEISA)

La NC IEC 60364-4-44:2004 adopta de forma idéntica la Norma Internacional IEC 60364-4-44:2003 *Electrical installations of buildings-Part 4-44: protection for safety-Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*, Edición x.x, Año–Mes;

© **NC, 2005**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotografías o microfilmes, sin el permiso escrito de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC).**

**Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana,  
Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## CONTENIDO

Capítulo	Página
PROLOGO	
440 INTRODUCCIÓN	5
440.1 (442.1.1) Alcance	7
440.2 (442.1.4) Referencias normativas	7
441 (Disponible)	8
442 Protección de instalaciones de baja tensión contra las sobretensiones temporales y fallas entre sistemas de alta tensión y tierra	8
442.1 Requisitos generales	8
442.2 Sistemas de puesta a tierra en subestaciones transformadoras	9
442.3 Configuraciones de puesta a tierra en subestaciones transformadoras	9
442.4 Configuraciones de puesta a tierra con respecto al tipo de sistemas de puesta a tierra en instalaciones de BT	10
442.5 Limitación de la tensión de esfuerzo en los equipamientos eléctricos de BT de subestaciones transformadoras	11
442.6 Tensión de esfuerzo en caso de pérdida del conductor neutro en un sistema TN y TT	11
442.7 Tensión de esfuerzo en caso de puesta accidental a tierra de un sistema IT	11
442.8 Tensión de esfuerzo en caso de un cortocircuito entre un conductor de línea y el conductor neutro.	11
443 Protección contra sobre tensiones de origen atmosférico o causadas por conmutaciones.	22
443.1 Generalidades.	22
443.2 Clasificación de las categorías de resistencia a las sobretensiones (categorías de sobretensiones).	22
443.3 Configuraciones para el control de las sobretensiones.	23
443.4 Selección del equipamiento eléctrico en la instalación.	25
444 (Disponible)	26
444.1 (Disponible)	26
444.2 (Disponible)	26
445 (45) Protección contra las subtensiones	33
445.1 (45)Requerimientos generales	33
Anexo A (Informativo) Notas explicativas concernientes a 442.1,442.1.2	34
Anexo B (Informativo) Guía para el control de sobretensiones por SPDs	36
Anexo C (Informativo) IEC 60364 - Partes 1 a 6: Reestructuración	38
Anexo D (normativo) Determinación del largo, d	42
Bibliografía	44

Figura 44A Duración máxima de falla de tensión y tensión de toque durante una falla a tierra en un sistema de alta tensión (AT)

Figura 44B Sistema TN

Figura 44C Sistema TT

Figura 44D Sistema IT, ejemplo a

Figura 44E Sistema IT, ejemplo b

Figura 44F Sistema IT, ejemplo c1

Figura 44G Sistema IT, ejemplo c2

Figura 44H Sistema IT, ejemplo d

Figura 44J Sistema IT, ejemplo e1

Figura 44K Sistema IT, ejemplo e2

Figura 44L Sistema TN-C y TN-C-S en un edificio

Figura 44M Exclusión de las corrientes del conductor neutro en una estructura de enlace usando el sistema TN-S dentro del sistema de la edificación

Figura 44N Cables blindados y tuberías de metal que entran en las edificaciones (ejemplos)

Figura 44O Ilustración de las medidas descritas en esta norma en una edificación existente

Figura 44P Vista general de un sistema de tierra de una edificación de acuerdo con IEC60364-5-54, IEC 61000-2-5 y la IEC 61024-1

Figura 44Q Ejemplos de cómo aplicar  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  para la determinación de  $d$

Tabla 44A Esfuerzo de tensión permisible

Tabla 44B Rango de tensión de impulso requerido por el equipamiento

Tabla 44B.1 Posibilidades de los diferentes sistemas IT

Tabla 44C.1 Relación entre las partes originales y las reestructuradas

Tabla 44C.2 Relación entre la numeración de capítulos nuevos y los viejos

## COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL

---

### INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICACIONES

#### **Parte 4-44: Protección para la seguridad- Protección contra los disturbios de tensiones y disturbios electromagnéticos**

#### PREFACIO

- 1) La IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es una organización de alcance mundial para la normalización que incluye a todos los comités electrotécnicos nacionales (Comités Nacionales IEC). El objetivo de la IEC es promover la cooperación internacional en todas las cuestiones concernientes a la normalización en las esferas eléctricas y electrónicas. Con este fin y además de otras actividades, la IEC publica Normas Internacionales. La preparación de estas se confía a Comités Técnicos; cualquier Comité Nacional IEC interesado en un tema puede participar en este trabajo preparatorio. También pueden participar en esta preparación las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales que hayan establecido enlace con la IEC. La IEC colabora estrechamente con la Organización Internacional para la Normalización (ISO) según las condiciones determinadas por un acuerdo entre las dos organizaciones.
- 2) Las decisiones o acuerdos formales de la IEC sobre materias técnicas expresan, tan exactamente como resulte posible, un consenso internacional de opinión sobre los temas correspondientes, dado que cada comité técnico tiene la representación de todos los Comités Nacionales interesados.
- 3) Los documentos producidos tienen la forma de recomendaciones para uso internacional y se publican en forma de normas, informes técnicos o guías y es en este sentido que son aceptados por los Comités Nacionales.
- 4) Para promover la unificación internacional, los Comités Nacionales IEC se encargan de aplicar las Normas Internacionales de la IEC en sus normas nacionales y regionales en la forma más exacta posible. Cualquier divergencia entre la Norma IEC y la correspondiente norma nacional o regional se indicará claramente en estas últimas.
- 5) La IEC no proporciona un procedimiento de marcaje para indicar su aprobación y no puede hacerse responsable de cualquier equipo declarado como conforme con una de sus normas.
- 6) Todos los usuarios deben asegurarse de tener la última edición de esta publicación.
- 7) Ninguna responsabilidad se concederá a la IEC o a sus directores, empleados, sirvientes o agentes incluyendo los expertos individuales y los miembros de sus comités técnicos y los comités nacionales de la IEC por cualquier daño personal, daño a la propiedad u otro daño de cualquier naturaleza que sea en lo absoluto, ya sea directa o indirecta, o para los costos (incluyendo los honorarios legales) y los gastos que resulten de la publicación, el uso de, o la confianza o dependencia, en esta publicación de la IEC o cualquier otra publicación o publicaciones de la IEC.
- 8) Se presta atención a las referencias normativas citadas en esta publicación. El uso de las publicaciones referenciadas es indispensable para la correcta aplicación de esta publicación.
- 9) Se presta atención a la posibilidad de que algunos de los elementos de esta publicación de la IEC puedan ser el motivo o la razón de derechos de patente. La IEC no se considerará responsable en la identificación de cualesquiera o todos los derechos de patente.

La Norma Internacional IEC 60364-4-44 fue preparada por el comité técnico IEC 64:  
Instalaciones eléctricas y protección contra el choque eléctrico.

Esta versión consolidada de la IEC 60364-4-44 se basa en la primera edición (2001) y su enmienda 1 (2003) [documentos64/1303/FDIS y 64/1329/RVD]

Si posee la edición número 1.1

Una línea vertical en el margen muestra dónde la publicación base se ha modificado por la enmienda 1.

La serie de normas IEC 60364 (partes 1 A 6) está actualmente en reestructuración, sin cambios técnicos, hacia una forma más sencilla (ver anexo C).

Por decisión unánime del Comité de acción (CA/1720/RV (2000-03-21), las partes reestructuradas de la IEC 60364 no han sido sometidas a los comités Nacionales para su aprobación.

Los anexos A, B y C son para información solamente.

El anexo D forma parte integral de esta norma.

El comité ha decidido que los contenidos de la publicación base y su enmienda permanecerán invariable hasta 2005. En esta fecha la publicación será

- reconfirmada;
- anulada;
- sustituida por una edición revisada, o
- modificada.

## 440 Introducción.

La parte 4-44 de la IEC 60364 proporciona reglas para la protección contra los efectos de perturbaciones conducidas y radiadas sobre las instalaciones eléctricas.

Las reglas de esta norma no se aplican a los sistemas que están completa o en parcialmente, bajo el control de compañías de suministro electroenergético público (ver el alcance de la IEC 60364 –1)

La corriente de falla que circula en el electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación causa una elevación significativa del potencial de dichas partes respecto la masa general de la tierra, es decir, una tensión de falla, cuya magnitud depende de:

- de la magnitud de la corriente de falla, y
- de la resistencia del sistema de puesta a tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación.

La corriente de falla puede causar:

- una elevación general del potencial del sistema de baja tensión con respecto a tierra, es decir tensiones que pueden causar la perforación del aislamiento en el equipamiento de baja tensión,
- una elevación general del potencial de las partes conductoras expuestas del sistema de baja tensión con respecto a tierra, que puede provocar un aumento de la tensión de falla y de las tensiones del contacto.

Nota: En esta norma, la expresión “alta tensión” se refiere a tensiones mayores que el límite superior de la banda II de tensiones . La expresión “baja tensión” se refiere a tensiones que no sobrepasan el límite superior de la banda II de tensiones.

El capítulo 443 tiene el objetivo de describir los medios por los cuales se pueden limitar las sobretensiones transitorias para reducir a un nivel aceptable el riesgo de fallas en la instalación y en el equipamiento eléctrico. Este enfoque está de acuerdo con los principios dados en la IEC 60664 sobre la coordinación del aislamiento. La IEC-60664 requiere que los comités técnicos especifiquen una categoría apropiada de resistencia al impulso (categoría de sobretensión) para su equipamiento, lo que significa una tensión de impulso mínima a soportar por el equipamiento según su aplicación y las categorías de resistencia al impulso correspondientes.

Nota: Acatando 2.2.2 de la IEC 60664-1 los comités técnicos deben especificar la información pertinente. Se recomienda indicar el valor de, la tensión nominal de impulso a soportar y la forma en que debe hacerse.

(Introducción a la IEC 60364-4-444, en parte).

En el capítulo 444, se describen las recomendaciones básicas para mitigar las perturbaciones electromagnéticas. Las interferencias electromagnéticas (IEM) pueden realmente perturbar o dañar los sistemas o equipos de tecnología de la información, los equipos con componentes electrónicos o los circuitos. Las corrientes debidas a los rayos, operaciones de conmutación, cortocircuitos y otros fenómenos electromagnéticos pueden causar sobretensiones e interferencias electromagnéticas.

Estos efectos aparecen:

- Donde existen grandes lazos metálicos <sup>1)</sup> ; y
- Donde se instalan sistemas de canalizaciones eléctricas diferentes por recorridos distintos. Ej. Canalizaciones para suministro de energía y canalizaciones para la trasmisión de datos a equipos de tecnología de la información dentro de una edificación.

1) Los sistemas de unión equipotencial, las estructuras metálicas o los sistemas de tuberías no metálicas, por ejemplo, para agua, gas, calefacción o acondicionamiento de aire, pueden crear tales lazos de inducción.



El valor de la tensión inducida depende de la razón de crecimiento ( $di/dt$ ) de la corriente de interferencia y del tamaño del lazo.

Los cables de fuerza que portan corrientes grandes con una razón alta de crecimiento de la corriente ( $di/dt$ ) (por ejemplo, la corriente de arranque de ascensores o las corrientes controladas por rectificadores) pueden inducir sobre tensiones en los cables de sistemas de tecnología de la información, las cuales pueden influir o dañar al equipamiento eléctrico de tecnología de la información o a otros similares.

En locales de uso médico, o cerca de ellos, los campos eléctricos o magnéticos de las instalaciones eléctricas pueden interferir con los equipos electromédicos.

El capítulo 445 trata de las precauciones a tomar en cuenta en el caso de bajo tensiones.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES

### Parte 4-44: Protección para la seguridad Protección contra las perturbaciones de la tensión y las perturbaciones electromagnéticas.

#### 440.1 (442.1.1) Alcance.

Las reglas de esta parte de la IEC 60364 tiene el objetivo de proporcionar seguridad a las personas y al equipamiento eléctrico en un sistema de baja tensión (BT) en el caso de una falla entre el sistema de alta tensión (AT) y tierra en la parte de AT de subestaciones transformadores que alimentan sistemas de BT.

#### 440.2 (442.1.4) Referencias de normativas.

Los siguientes documentos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias anticuadas, solo se aplica la edición citada. Para las referencias no anticuadas, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualesquiera de las enmiendas).

IEC 60038:1983, Tensiones estándares de la IEC

IEC 60050(604):1987, Vocabulario electrotécnico internacional (VIE) – Capítulo 604: Generación, transmisión y distribución de electricidad – Operación.

IEC 60050(826):1982, Vocabulario electrotécnico internacional (VIE) – Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificaciones

IEC 60364-1:2001, Instalaciones eléctricas en edificaciones – Parte 1: Alcance, Principios fundamentales y Objetivos.

IEC 60364 -4 -41: 2001, Instalaciones eléctricas en edificaciones. Parte 4-41: Protección para la seguridad. Protección contra los choques eléctricos.

IEC 60364 -4 -42: 2001, Instalaciones eléctricas en edificaciones. Parte 4-42: Protección para la seguridad. Protección contra los efectos térmicos.

IEC 60364-5-53: 2001, Instalaciones eléctricas en edificaciones. Parte 5-53: Selección y montaje del material eléctrico. Segregación, conmutación y control.

IEC 60364-5-54: 2001, Instalaciones eléctricas en edificaciones. Parte 5-54: Selección y montaje del material eléctrico. Configuraciones de puesta a tierra<sup>3</sup>.

IEC 60364-5-548:1996, Instalaciones eléctricas en edificaciones – Parte 5: Selección y montaje del equipamiento eléctrico –Sección 548: Configuraciones de puesta a tierra y uniones equipotenciales para instalaciones de tecnologías de la información

IEC 60479 - 1: 1994, Efectos de la corriente eléctrica sobre seres humanos y animales - Parte 1: Aspectos generales

<sup>1)</sup> Será publicada

IEC 60664-1: 1992, Sistemas de baja tensión con coordinación del aislamientos para equipamientos eléctricos – Parte 1: Principios, requisitos y pruebas

IEC 60742:1983, Transformadores de segregación y transformadores de segregación de seguridad – Requisitos

IEC 61000-2-5:1995, Compatibilidad electromagnética (EMC) – Parte 2: Medioambiente – Sección 5: Clasificación de los ambientes electromagnéticos. Publicación básica EMC

IEC 61024 -1:1990, Protección de estructuras contra los rayos – Parte 1: Principios generales

IEC 61312-1:1995, Protección contra los impulsos electromagnéticos de los rayos – Parte 1: Principios generales

IEC 61643 (todas las partes), Dispositivos de protección de la fuente conectados a sistemas de distribución de energía de baja tensión.

IEC 61662:1995, Valoración del riesgo de daño debido a rayos enmienda 1 (1996)

#### **441 (Número disponible)**

Nota: este número ha sido introducido para posibilitar que el último texto retenga el número original.

### **442 Protección de instalaciones de baja tensión contra las sobretensiones temporales y fallas entre sistemas de alta tensión y tierra**

#### **442.1 Requisitos generales**

NOTA Los capítulos siguientes consideran solo cuatro situaciones que provocan generalmente las sobretensiones temporales más severas, tal como están definidas en la IEC 60050(604), Definición 604-03-12:

- . falla entre sistema(s) de alta tensión y tierra. Los apartados correspondientes deben leerse de conjunto con el anexo A;
- . pérdida del neutro en un sistema de baja tensión TN y TT (ver 442.6);
- . puesta accidental a tierra de un sistema de baja tensión IT (ver 442.7);
- . cortocircuito en la instalación de baja tensión (ver 442.8).

#### **442.1.2 Tensión de falla**

La magnitud y duración de la tensión de falla o de la tensión contacto debidas a una falla a tierra en el sistema de alta tensión no serán superiores a los valores dados por las curvas F y T respectivamente de la figura 44 A.

#### **442.1.3 Tensión de esfuerzo**

La magnitud y la duración de la tensión de esfuerzo a frecuencia del sistema, en el equipamiento de baja tensión en la instalación del consumidor, debida a una falla a tierra en el sistema de alta tensión, no serán superiores a los valores de la tabla 44 A.

Nota 1 La tensión de esfuerzo a frecuencia del sistema es la tensión que aparece a través del aislamiento.

Nota 2 Se permite una tensión de esfuerzo mayor para el equipamiento de baja tensión de la subestación si el nivel de aislamiento del equipamiento es compatible y cumple las condiciones de 442.3.

**Tabla 44 A Tensión de esfuerzo permisible**

<b>Tensión de esfuerzo de c.a. permisible en el material eléctrico En instalaciones de baja tensión</b>	<b>Tiempo de desconexión</b>
U <sub>o</sub> + 250 V	> 5
U <sub>o</sub> + 1200 V	≤ 5
<p>NOTA 1 En casos particulares ( p.e. conductor de línea puesto a tierra, donde la tensión nominal (más alta) del sistema de baja tensión a tierra no es U<sub>o</sub> , se especifica dicha tensión.</p>	
<p>NOTA 2 La primera línea de la tabla está relacionada con sistemas que tienen tiempos de desconexión prolongados, por ejemplo, un sistema de alta tensión puesto a tierra inductivamente. La segunda línea está relacionada con sistemas que tienen tiempos de desconexión breves, por ejemplo, sistemas de alta tensión puesta a tierra sólidamente. Ambas líneas conjuntamente constituyen los criterios de diseño pertinentes para el aislamiento del material eléctrico de baja tensión con respecto a la sobretensión temporal (ver 1.3.7.1 de la IEC 60664-1).</p>	
<p>Nota 3 Tal sobretensión temporal de c.a. es también de esperar en el aislamiento básico, doble y reforzado del material eléctrico de baja tensión utilizado fuera de la unión equipotencial principal y conectado a un sistema TN (cuyo conductor neutro está puesto a tierra en la subestación transformadora a través del electrodo de tierra de protección del sistema de alta tensión). No es necesario esperar una sobretensión tal dentro del área de la unión equipotencial principal que está conectada al conductor de protección de un sistema TN en el origen de la instalación de la edificación.</p>	

#### **442.2 Sistemas de puesta a tierra en subestaciones transformadoras**

En la subestación transformadora habrá un sistema de puesta a tierra al que se conectarán:

- los electrodos de tierra,
- el tanque del transformador,
- las cubiertas metálicas de los cables de alta tensión ,
- las cubiertas metálicas de los cables de baja tensión, excepto cuando el conductor neutro está puesto a tierra a través de un electrodo de tierra separada,
- los alambres de tierra de los sistemas de alta tensión,
- las partes conductoras expuestas del material eléctrico de alta tensión y de baja tensión,
- las partes conductoras extrañas.

#### **442.3 Configuraciones de puesta a tierra en subestaciones transformadoras**

Las condiciones enumeradas en 442.4 y 442.5 se considera que se cumplen si una, o ambas, de las condiciones establecidas en 442.3.1 o la condición en 442.3.2 se cumple. Si ninguna de las condiciones de 442.3.1 o 442.3.2 se satisfacen, se aplicarán los requisitos de 442.4 y 442.5.

**442.3.1 Las subestaciones transformadoras se conectarán a cables con cubiertas metálicas adecuadas puestas a tierra , sean cables de alta tensión, cables de baja tensión o una combinación de ambos.**

La longitud total de estos cables no será mayor de 1 km.

**442.3.2 La resistencia de puesta a tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora no será mayor de 1Ω.**

## 442.4 Configuraciones de puesta a tierra con respecto al tipo de sistemas de puesta a tierra en instalaciones de BT

### 442.4.1 Símbolos

En los apartados siguientes, los símbolos son :

$I_m$  aquellas partes de la corriente de falla a tierra en el sistema de alta tensión que fluye a través del electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora.

$R$  es la resistencia del electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora.

$U_o$  es la tensión de línea a neutro del sistema de baja tensión.

$U$  es la tensión de línea a línea del sistema de baja tensión.

$U_f$  es la tensión de falla en el sistema de BT entre las partes conductoras expuestas y tierra.

$U_1$  es la tensión de esfuerzo en el equipamiento eléctrico de BT de la subestación transformadora.

$U_2$  es la tensión de esfuerzo en el equipamiento eléctrico de BT del consumidor

### 442.4.2 Sistemas TN

- Si la tensión de falla  $R \times I_m$  se desconecta en un tiempo inferior al dado en la figura 44 A, el conductor neutro del sistema de BT puede conectarse al electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver TN-a en la figura 44 B).
- Si no se cumple la condición de a), el conductor neutro del sistema de BT se pondrá a tierra a través de un electrodo de tierra eléctricamente independiente (ver TN-b en la figura 44B). En este caso, se aplican las condiciones de 442.5.1.

### 442.4.3 Sistemas TT

- Cuando se cumple la relación dada en la tabla 44 A entre la tensión de esfuerzo ( $R \times I_m + U_o$ ) y el tiempo de desconexión para el material eléctrico de BT de la instalación del consumidor, el conductor neutro del sistema de BT puede conectarse al electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver TT-a en la figura 44C)
- Si no se cumple la condición de a), el conductor neutro del sistema de BT se pondrá a tierra a través de un electrodo de tierra eléctricamente independiente (ver TT- b en la figura 44 C). En este caso, se aplican las condiciones de 442.5.1.

Si las partes conductoras expuestas del equipamiento eléctrico de baja tensión de la instalación del consumidor dentro de la edificación están conectadas a la unión equipotencial principal por un conductor de protección, la tensión de contacto será efectivamente cero.

### 442.4.4 Sistemas IT

- Si la tensión de falla  $R \times I_m$  se desconecta en un tiempo inferior al dado en la figura 44 A, las partes conductoras expuestas del equipamiento eléctrico de BT de la instalación del consumidor pueden conectarse al electrodo de puesta a tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver las figuras 44 D, 44 J y 44 K).

Si no se cumple esta condición, las partes conductoras expuestas del equipamiento eléctrico de BT de la instalación de BT se conectarán a un sistema de puesta a tierra eléctricamente independiente del electrodo de puesta a tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver las figuras 44 E a 44 H)

b) Si las partes conductoras expuestas del equipamiento eléctrico de BT en la instalación del consumidor están puestas a tierra a través de un electrodo de tierra eléctricamente independiente del sistema de tierra de la subestación transformadora, y si se cumple la relación entre la tensión de esfuerzo ( $R \times I_m + U_o$ ) y el tiempo de desconexión dada en la tabla 44 A para el equipamiento eléctrico de BT de la instalación del consumidor, la impedancia del neutro del sistema de BT, de haberla, puede estar conectada al sistema de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver las figuras 44 E).

Si no se cumple esta condición, la impedancia del neutro se pondrá a tierra a través de un sistema de tierra eléctricamente independiente (ver las figuras 44 F y 44 H). En este caso, se aplican las condiciones de 442.5.2.

#### **442.5 Limitación de la tensión de esfuerzo en los equipamientos eléctricos de BT de subestaciones transformadoras**

##### **442.5.1 Sistemas TN y TT**

En los sistemas TN Y TT cuando el conductor neutro está puesto a tierra a través de un electrodo de tierra eléctricamente independiente del electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora (ver figura TN-b en la figura 44 B y TT-b en la figura 44 C), la tensión de esfuerzo ( $R \times I_m + U_o$ ) se desconectará en un tiempo compatible con el nivel de aislamiento del material eléctrico de BT de la subestación transformadora.

NOTA El nivel de aislamiento del equipamiento eléctrico de BT de la subestación transformadora puede ser superior al valor dado en la tabla 44 A.

##### **442.5.2. Sistemas IT**

En los sistemas IT, cuando las partes conductoras expuestas de la instalación del consumidor y la impedancia del neutro, de haberla, son puestas a tierra a través de sistema de tierra eléctricamente independientes del electrodo de tierra de la subestación transformadora (ver las figuras 44 F, 44G y 44H), la tensión de esfuerzo ( $R \times I_m + U$ ) se desconectará en un tiempo compatible con el nivel de aislamiento del equipamiento eléctrico de BT de la subestación transformadora.

#### **442.6 Tensión de esfuerzo en caso de pérdida del conductor neutro en un sistema TN y TT**

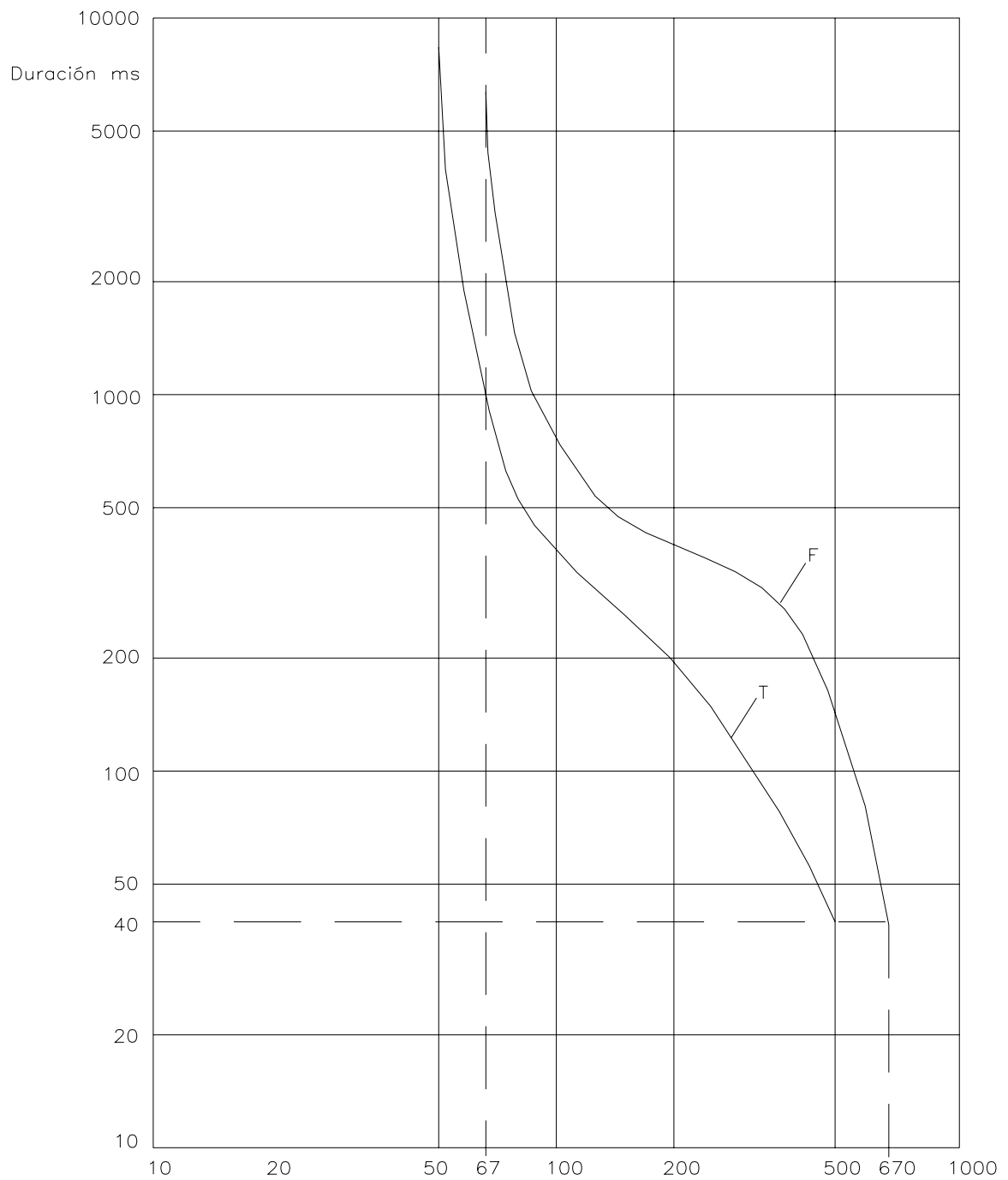
Se ha de considerar el hecho de que, si se interrumpe el conductor neutro en un sistema trifásico TN o TT, el aislamiento básico, el doble y el reforzado, así como componentes especificados para la tensión entre los conductores de línea y neutro, pueden estar temporalmente sometidos a la tensión de línea a línea. La tensión de esfuerzo puede alcanzar hasta  $U = \sqrt{3} U_o$ .

#### **442.7 Tensión de esfuerzo en caso de puesta accidental a tierra de un sistema IT**

Se ha de considerar el hecho de que, si un conductor de línea de un sistema IT se pone accidentalmente a tierra, el aislamiento básico, el doble y el reforzado especificados para la tensión entre los conductores de línea y neutro, así como componentes, pueden estar temporalmente sometidos a la tensión de línea a línea. La tensión de esfuerzo puede alcanzar hasta  $U = \sqrt{3} U_o$ .

#### **442.8 Tensión de esfuerzo en caso de un cortocircuito entre un conductor de línea y el conductor neutro.**

Se ha de considerar el caso de un cortocircuito entre un conductor de fase y el conductor neutro en que el esfuerzo puede alcanzar el valor de  $1,45U_o$  durante un tiempo hasta 5 s.



**Figura 44 A –Duración máxima de la tensión de falla F y de la tensión de contacto T debida a una falla en el sistema de A T**

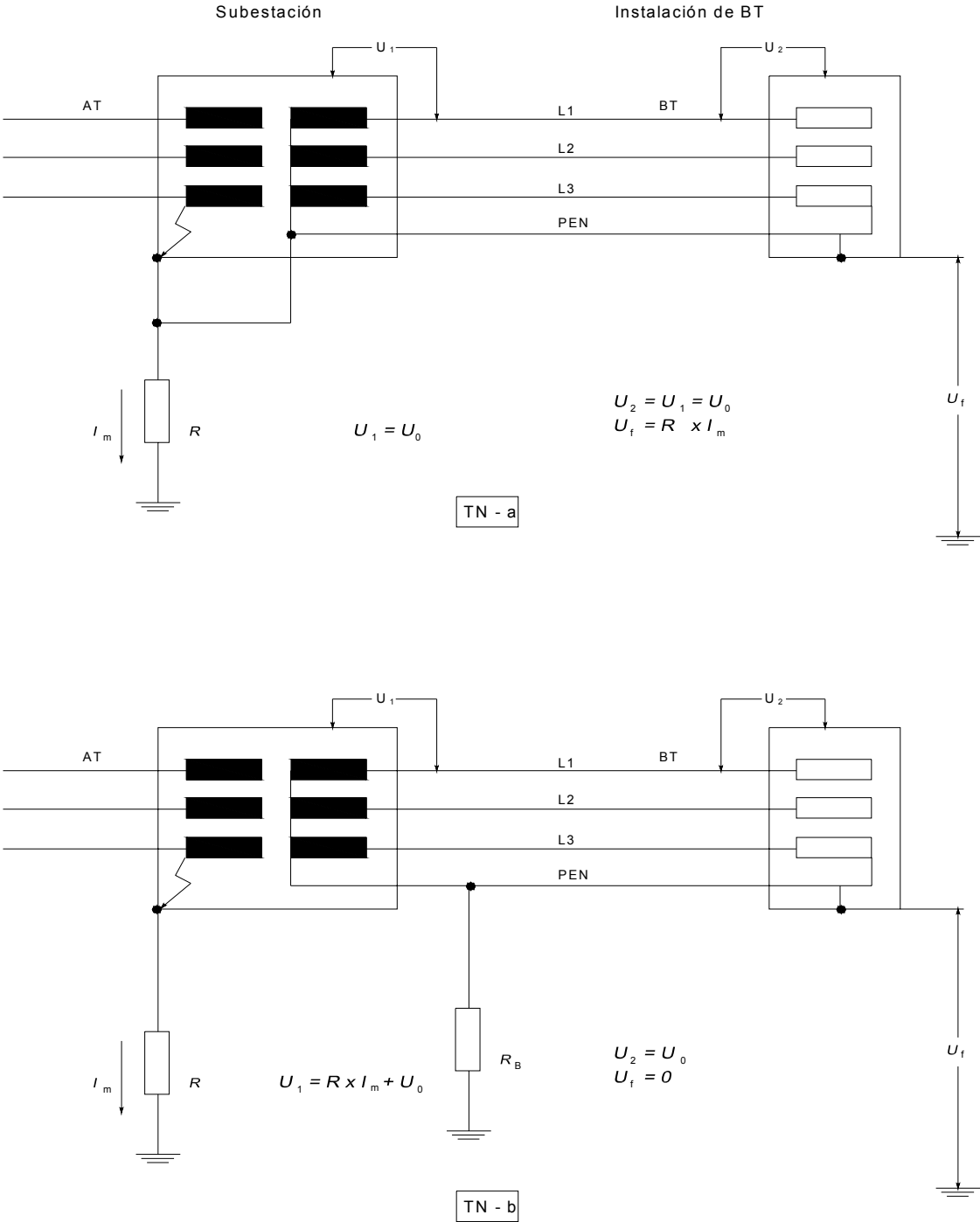


Figura 44 B –Sistemas TN



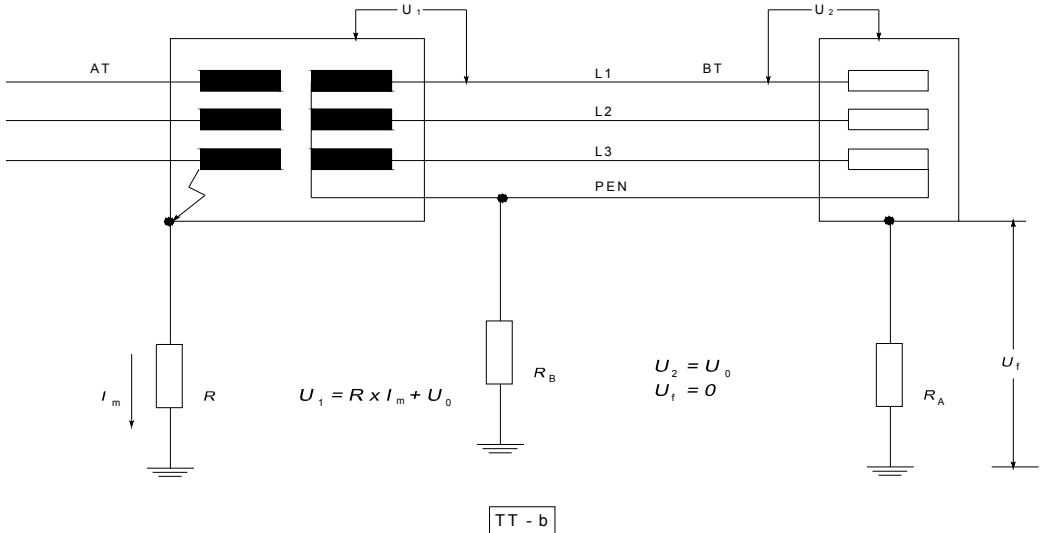
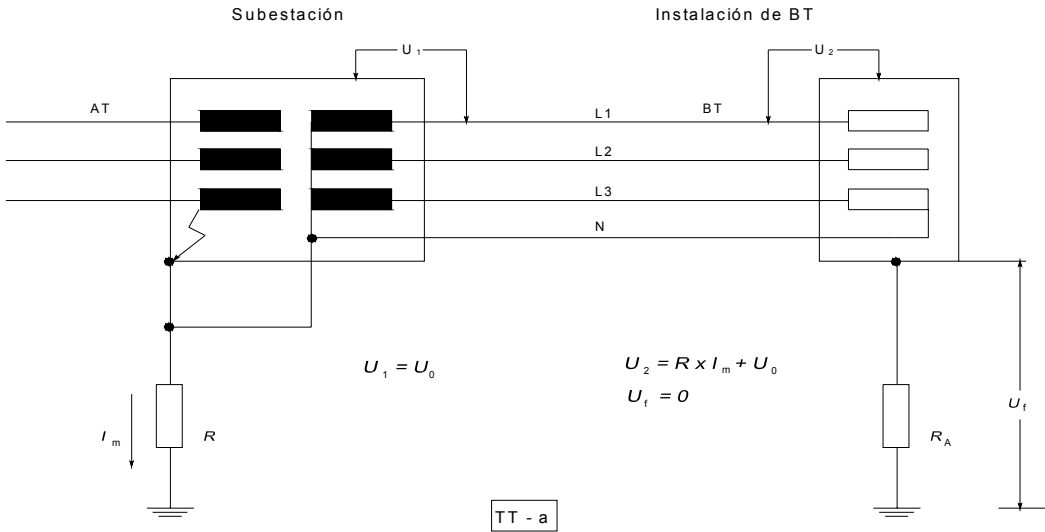
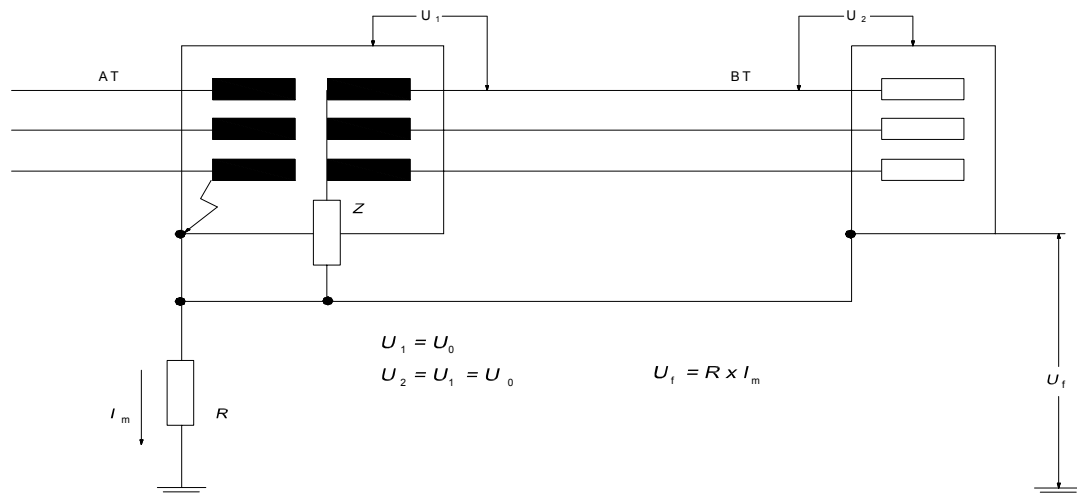
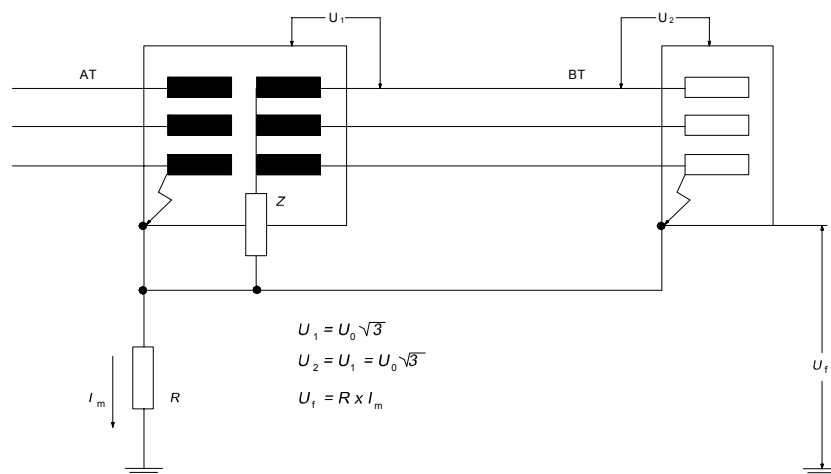


FIGURA 44C

Figura 44 C –Sistemas TT

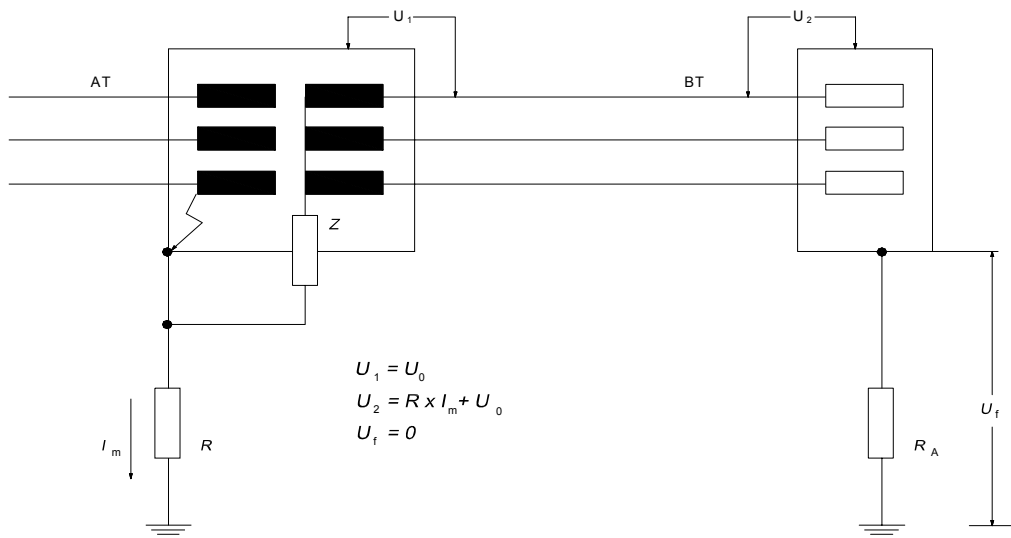


1. No existe falla en el sistema de BT

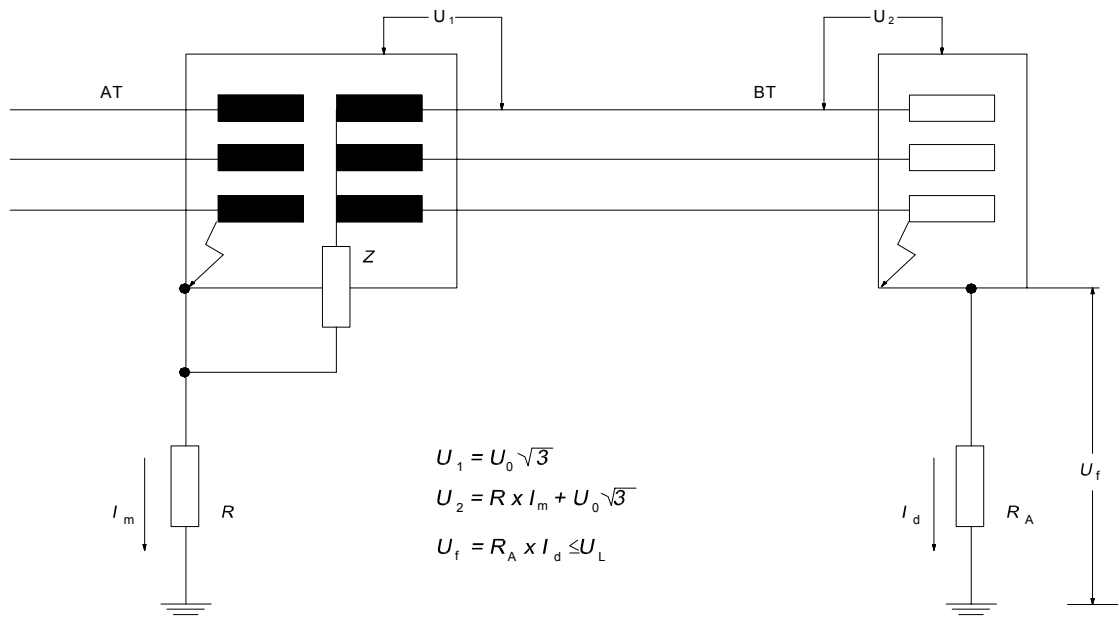


2. Existe una primera falla en el sistema de BT

**Figura 44 D –Sistemas IT, ejemplo a**

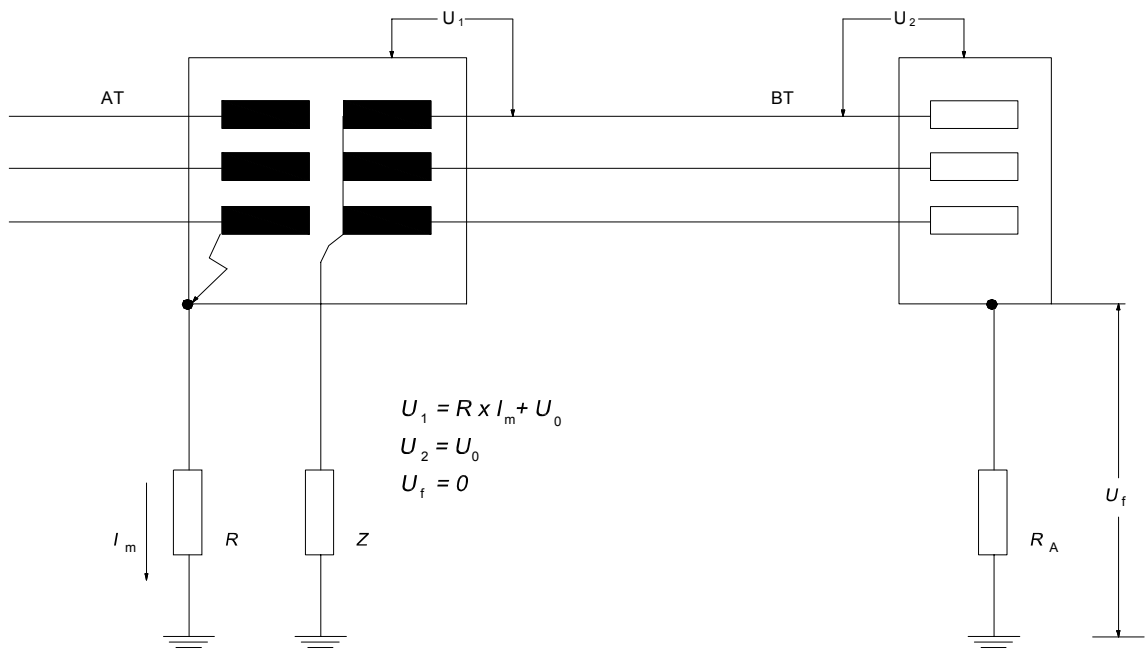


1. No existe falla en el sistema de BT

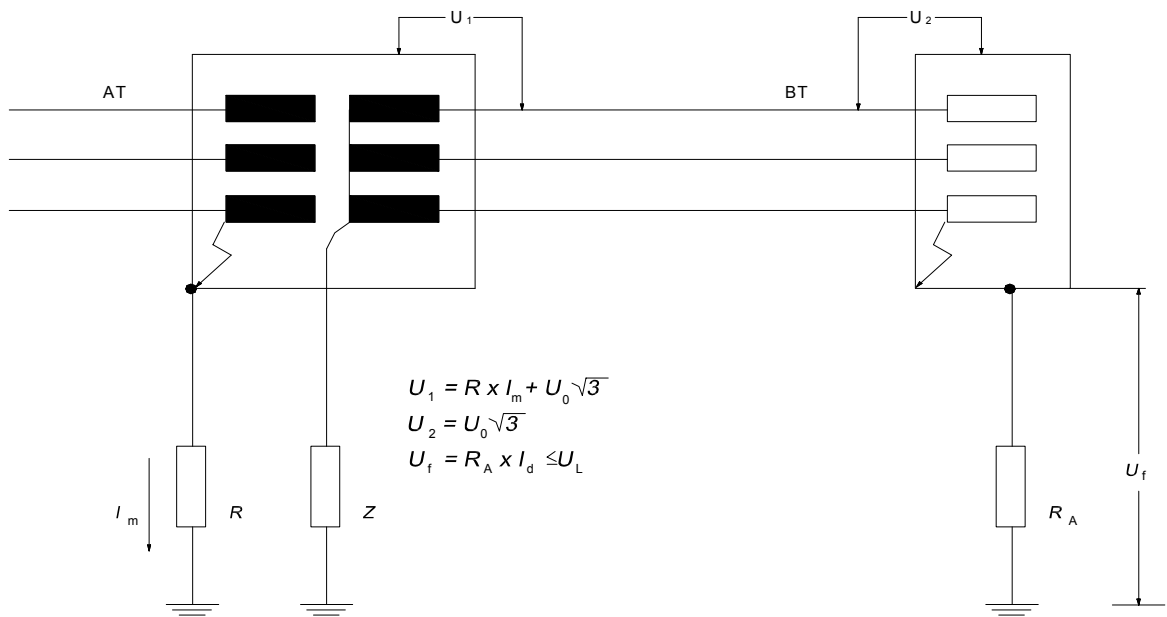


2. Existe una primera falla en el sistema de BT

**Figura 44 E –Sistemas IT, ejemplo b**

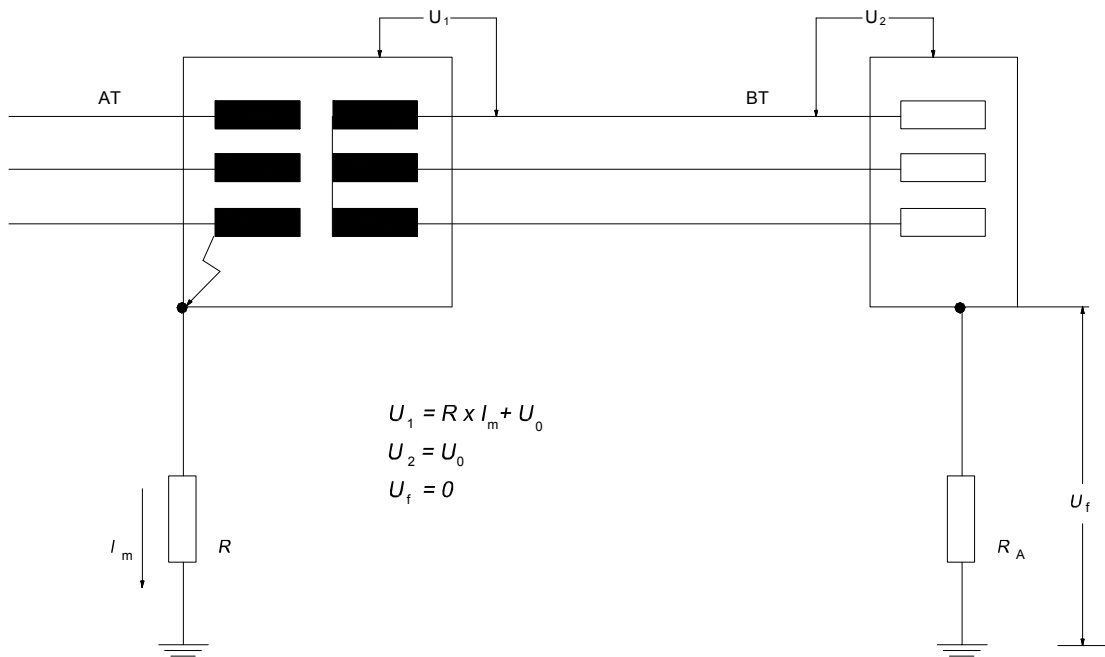


1. No existe falla en el sistema de BT

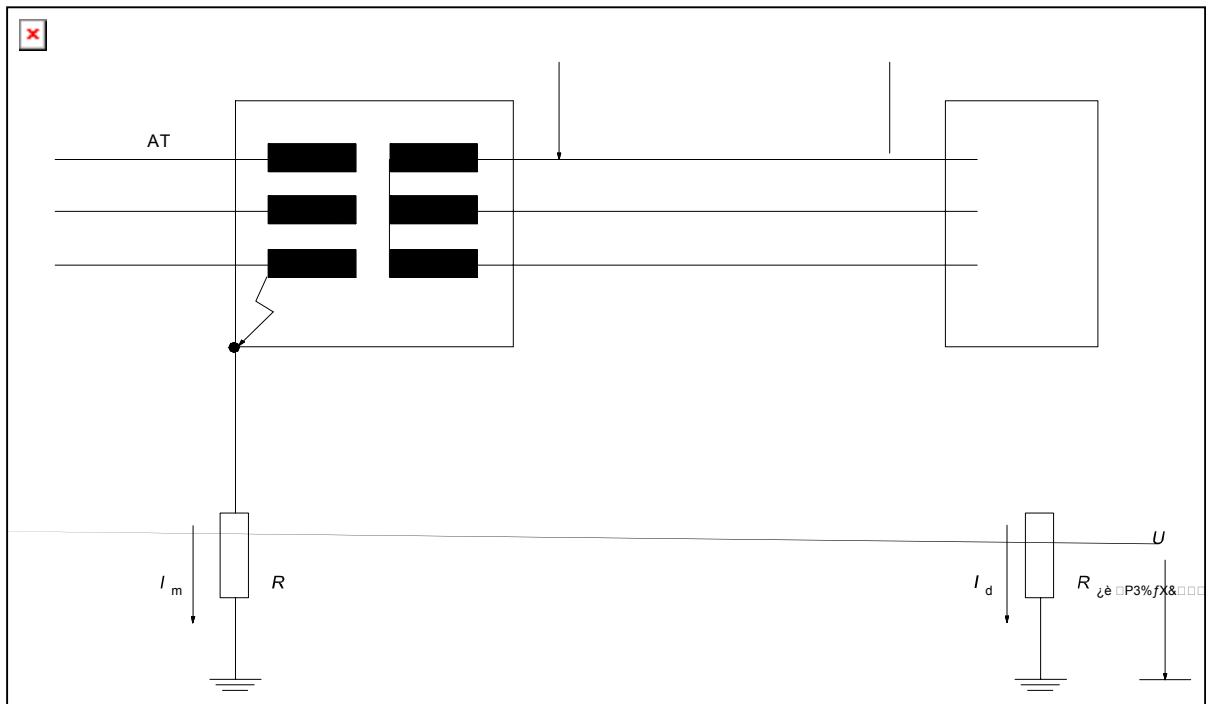


2. Existe una primera falla en el sistema de BT

Figura 44 F –Sistemas IT, ejemplo c1

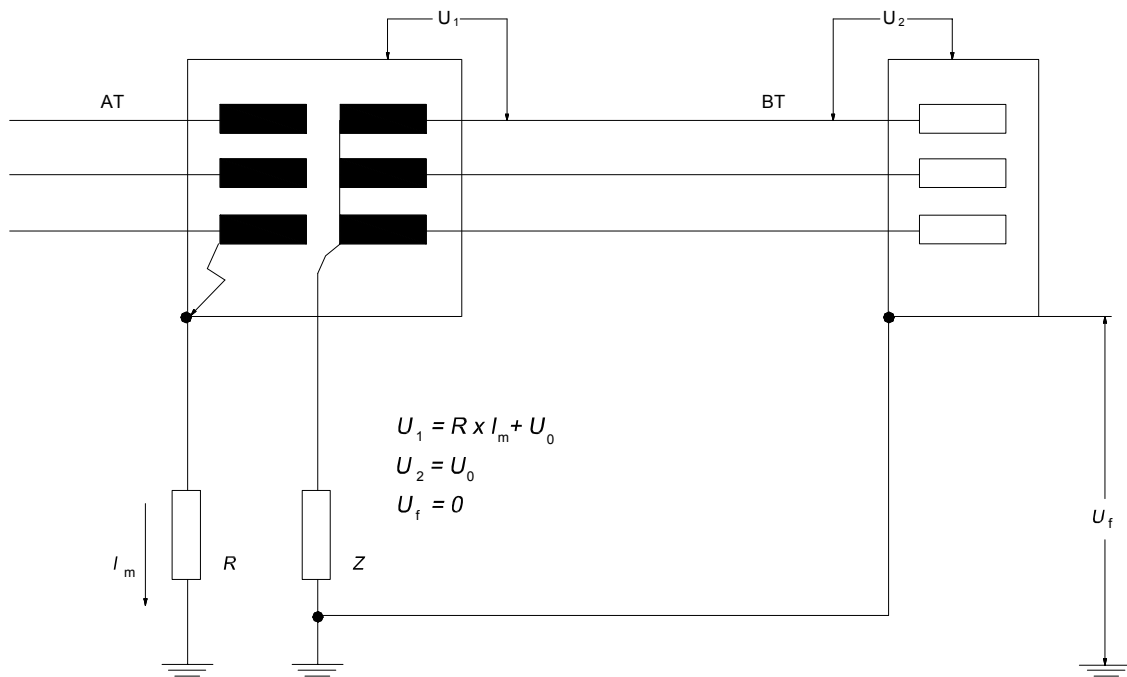


1. No existe falla en el sistema de BT

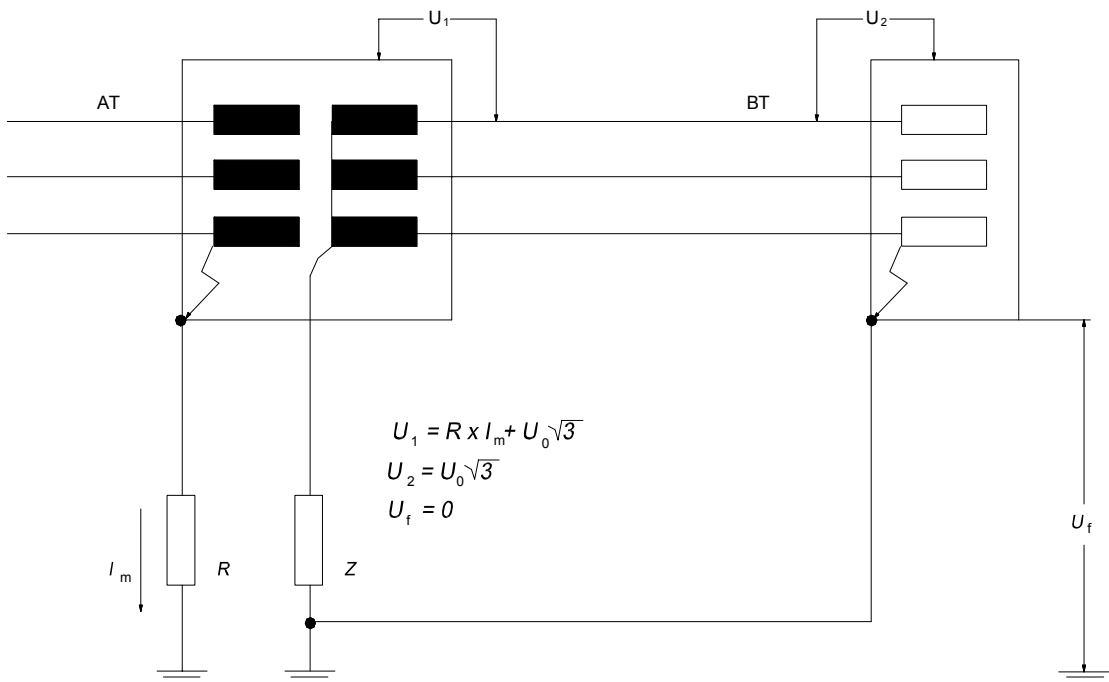


2. Existe una primera falla en el sistema de BT

**Figura 44 G-Sistemas IT, ejemplo c2**



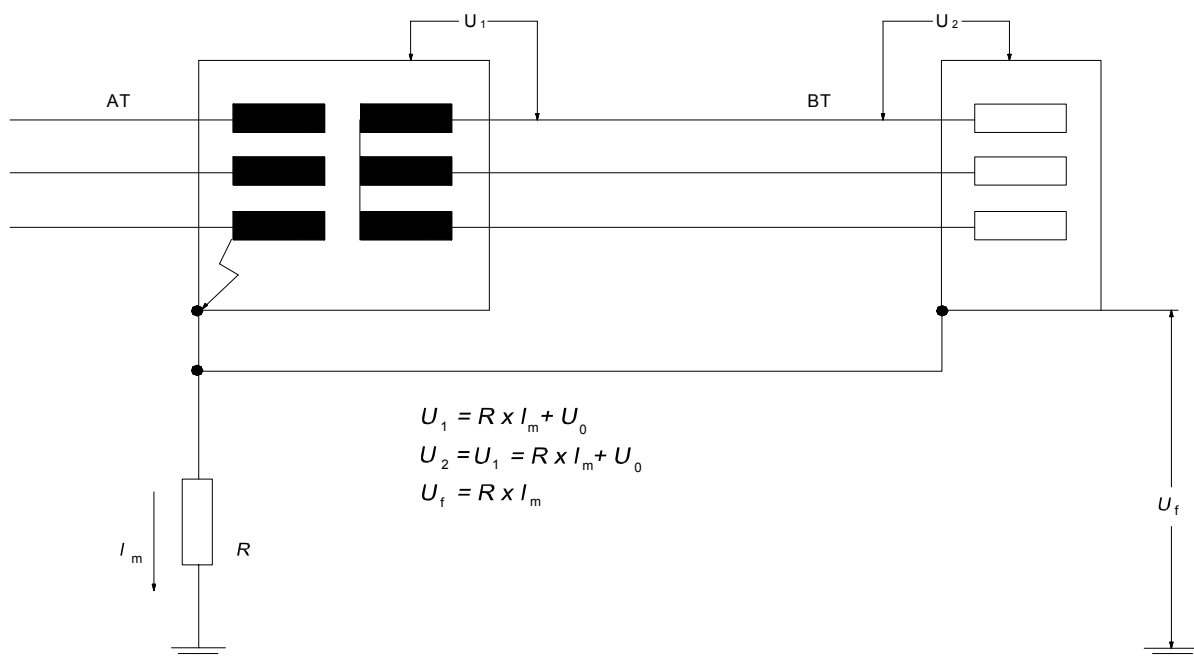
1. No existe falla en el sistema de BT



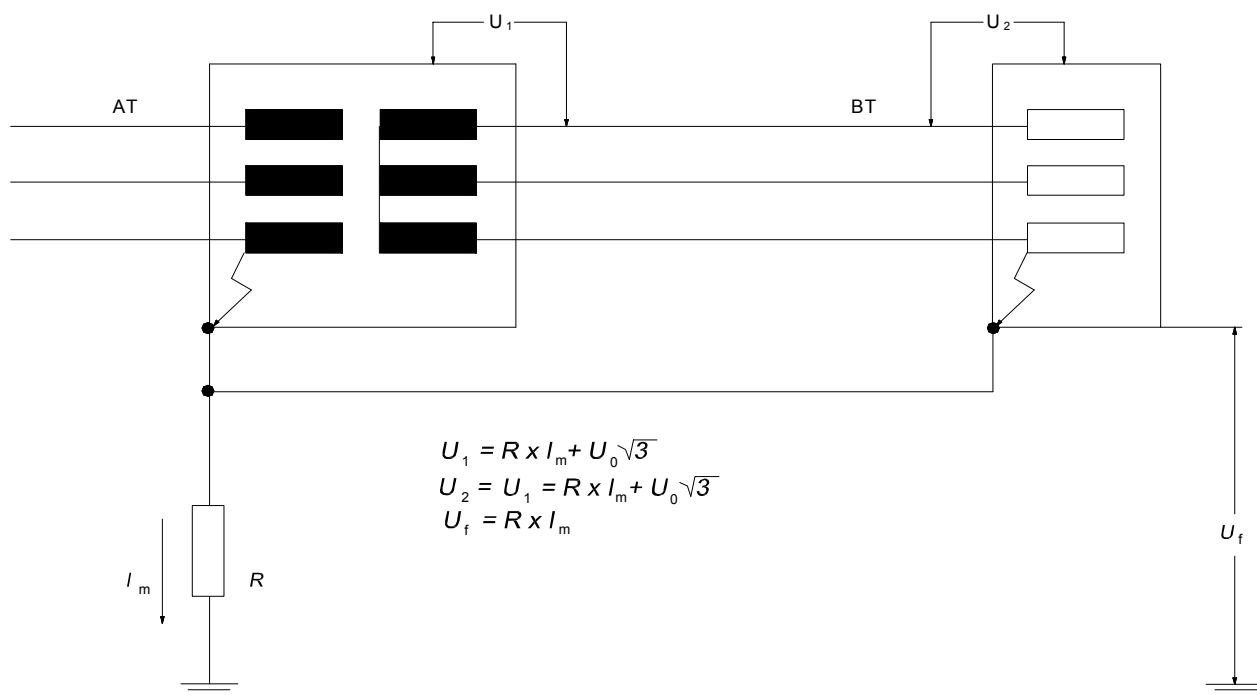
2. Existe una primera falla en el sistema de BT

**Figura 44 H-Sistemas IT, ejemplo d**





1. No existe falla en el sistema de BT



2. Existe una primera falla en el sistema de BT

Figura 44 K-Sistemas IT, ejemplo e2



## **443 Protección contra sobre tensiones de origen atmosférico o producidas por conmutaciones.**

### **443.1 Generalidades.**

Este capítulo de la IEC 60364-4-44 trata de la protección de las instalaciones eléctricas contra las sobretensiones transitorias de origen atmosférico transmitidas por el sistema electroenergético de distribución y contra las sobretensiones por conmutaciones.

En general las sobretensiones producidas por la conmutación de un interruptor, son menores que las de origen atmosférico y por tanto, los requerimientos de protección de la instalación contra las sobretensiones de origen atmosférico protegen también a la instalación contra las sobretensiones producto de una conmutación.

NOTA 1 Evaluaciones estadísticas de medición demuestran que hay un bajo riesgo por sobretensiones, producto de las conmutaciones de interruptores al nivel de sobretensiones categoría II. Ver epígrafe 443.2

Se tendrán en consideración las sobretensiones que pueden aparecer en el origen de una instalación, el valor cerámico probable, la ubicación y características de los dispositivos de protección contra las sobretensiones transitorias, para reducir a un mínimo aceptable la probabilidad de incidentes a causa de los esfuerzos que introducen las sobretensiones en cuanto a la seguridad de las personas y las propiedades, así como a la continuidad deseada del servicio eléctrico.

Los valores de las sobretensiones transitorias dependen de la naturaleza del sistema electroenergético de distribución (soterrado o aéreo) y de la posibilidad de la existencia de un dispositivo de protección de baja tensión, aguas arriba del origen de la instalación, y de la tensión del sistema de alimentación.

Este capítulo proporciona una guía donde la protección contra las sobretensiones está cubierta por un control inherente o garantizada por un control de protección. Si no se provee una protección conforme a este capítulo, no queda garantizada la coordinación del aislamiento y debe ser evaluado el riesgo debido a las sobretensiones

Este capítulo no es aplicable en caso de sobretensiones producidas por el impacto directo o cercano de una descarga eléctrica atmosférica. Para la protección contra las sobretensiones por el impacto directo de una descarga eléctrica atmosférica son aplicables las normas de la IEC 61024, IEC 61312 e IEC 61643. Este capítulo no cubre las sobretensiones a través de redes de transmisión de datos.

NOTA 2 Las sobretensiones debido a una descarga eléctrica de origen atmosférico, no se hace distinción entre los sistemas puestos a tierra y los que no lo están.

NOTA 3 Están en estudio las sobretensiones por conmutación generadas fuera de la instalación y transmitidas por la red electroenergética.

NOTA 4 El riesgo provocado por las sobretensiones se considera en la IEC 61662, enmienda.

### **443.2 Clasificación de las categorías de resistencia a las sobretensiones (categorías de sobretensiones).**

#### **443.2.1 Propósito de la Clasificación de las categorías de resistencia a las sobretensiones (categorías de sobretensiones).**

NOTA 1 Las categorías de las sobretensiones están definidas dentro de una instalación eléctrica, con el propósito de la coordinación de las protecciones y relacionadas con la clasificación del equipamiento eléctrico y con la resistencia al impulso de tensión que se le suministra, Ver la tabla 44 B.

NOTA 2 El rango de resistencia a la tensión de impulso es asignada por el fabricante para el equipamiento o parte de este, la caracterización está dada por las capas de aislamiento contra las sobretensiones ( de acuerdo con 1.3.9.2 de la IEC 60664-1).

La tensión de impulso sostenida (categoría de las sobretensiones) se emplea para clasificar los equipos energizados directamente del suministro.

La tensión de impulso sostenida para el equipamiento seleccionado, esta de acuerdo con la tensión nominal que se suministra, para distinguir los diferentes niveles de disponibilidad, con la continuidad del servicio para ellos y con un aceptable riesgo de fallos. Para la selección del equipamiento con una clasificación de resistencia a la tensión de impulso sostenida, la coordinación del aislamiento debe ser similar en la totalidad de la instalación, para que el riesgo de fallo de la misma, se encuentre en un nivel aceptable.

NOTA 3 Las sobretensiones transitorias transmitidas por el sistema de distribución, no son significativamente reducidas aguas abajo en muchas instalaciones.

#### **443.2.2 Relación entre la tensión de impulso que soportan los equipos y las categorías de sobretensión**

El equipo con una tensión de impulso que corresponda con la categoría de sobretensión IV es adecuado para el uso en, o cerca del origen de la instalación, por ejemplo, la corriente ascendente del tablero de distribución principal. El equipo o equipamiento de categoría IV tiene una capacidad de soportar el impulso muy alta que proporciona el alto grado de confiabilidad requerido.

NOTA 1 Ejemplos de tales equipos son metros contadores eléctricos, los dispositivos de protección de sobrecorriente primaria y las unidades de control de rizado.

Los equipos de la categoría III de resistencia a los impulsos son equipos que forman parte de las instalaciones eléctricas fijas aguas abajo y incluyen panelas de distribución principales, provistos de un grado superior de confiabilidad.

NOTA 2 Ejemplos de tales equipos son los armarios de distribución, los interruptores automáticos, las canalizaciones (ver la IEC 60050 (826) definición VEl 826-06-01), incluidos los cables, (blindo) barras, cajas de conexión, interruptores, tomacorrientes, en instalación fija y los equipos para uso industrial y otros equipos, como los motores estacionarios con una conexión permanente a una instalación fija.

Los equipos de la categoría II de resistencia a los impulsos son equipos apropiados para conectarse a las instalaciones eléctricas fijas que proveen un grado normal de confiabilidad disponible requerido por equipos que usen corrientes.

. NOTA 3 Ejemplos de estos equipos son los aparatos electrodomésticos, las herramientas portátiles y cargas análogas.

Los equipos de la categoría I de resistencia a las sobretensiones son equipos que están destinados a conectarse a las instalaciones eléctricas fijas de las edificaciones. En este caso, las medidas de protección se ponen en práctica en el exterior de los equipos – sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos- a fin de limitar las sobretensiones transitorias al nivel especificado.

NOTA 4 Ejemplos de tales equipos que contienen circuitos electrónicos como computadoras, aparatos con programas electrónicos, etc.

Los equipos de la categoría I de resistencia a los impulsos son equipos que no deben conectarse directamente al sistema de suministro público.

#### **443.3 Configuraciones para el control de las sobretensiones.**

El control de las sobretensiones se ordena con los siguientes requerimientos.

##### **443.3.1 Control inherente**

Este apartado no es aplicable donde un riesgo evaluado de acuerdo con 443.3.2.2 es utilizado

Donde una instalación está alimentada por una red de baja tensión completamente soterrada, sin líneas aéreas, es suficiente la tensión de resistencia a las sobretensiones de los equipos, dados en la tabla 44B, y no es necesaria protección adicional alguna contra las sobretensiones de origen atmosféricos.

NOTA 1 Una línea aérea constituida por conductores aislados con una pantalla metálica puesta a tierra se considera equivalente a un cable soterrado.

Donde una instalación está alimentada por una línea aérea de baja tensión, o la incluye, y AQ1 es la condición de las influencias externas ( ≤ 25 días por año), no es necesaria protección alguna adicional contra las sobretensiones de origen atmosférico.

Nota 2 Independiente del valor de AQ, Puede ser necesaria una protección adicional contra las sobretensiones en situaciones en que se demanda un nivel superior de confiabilidad o un riesgo más alto ( por ejemplo, un incendio)

En ambos casos, consideraciones con respecto a la protección contra sobretensiones transientes pueden darse en equipos con una tensión de impulso sostenida de acuerdo con la categoría I de sobretensión (ver 443.2.2)

#### **443.3.2 Control de la protección**

La decisión sobre cual de los siguientes métodos se aplican en un país con relación a la provisión de los medios de protección de fuente (SPDs) se deja para el comité nacional con base en las condiciones locales.

En todos los casos, la consideración con relación a la protección contra las sobretensiones transitorias se tendrá con los equipamientos con una tensión para soportar el impulso de acuerdo con la categoría de sobretensión I (ver 443.2.2)

##### **443.3.2.1 Control de protección de sobretensión en base a las condiciones de las influencias externas**

Donde una instalación está alimentada por una línea aérea, o la incluye, estará provista de protección contra sobretensiones de origen atmosférico, si el nivel cerámico de la región corresponde a la condición AQ 2 de las influencias externas ( > 25 días por año ) . El nivel de protección del dispositivo de protección no será superior al nivel de sobretensión de la categoría II dado en la tabla 44B.

NOTA 1 El nivel de sobretensión puede ser controlado por los medios de protección de la fuente aplicados cerca del origen de la instalación, ya sea en las líneas aéreas (ver anexo B) o en la instalación de la edificación

NOTA 2 Según la IEC 61024-1, 25 días tormenta por año son equivalentes a un valor de 2.24 impactos por km<sup>2</sup> y por año. Esto se ha deducido de la fórmula

$$N_g = 0.04 T_d^{1.25}$$

Donde

$N_g$  es la frecuencia de impactos por km<sup>2</sup> y por año;

$T_d$  es el número de días de tormenta por año.

##### **443.3.2.2 Control y protección de la sobretensión basado en la evaluación del riesgo.**

NOTA 1 Un método de evaluación general del riesgo se describe en IEC 61662. En lo que se refiere el capítulo 443, se ha aceptado una simplificación esencial de este método. Se basa en la longitud crítica  $d_c$  de las líneas entrantes o inmediatas y el nivel de consecuencias como se describe debajo.

Los siguientes son diferentes niveles de protección consecuentes.

- a) consecuencias relacionadas con la vida humana, por ejemplo: servicios de seguridad, equipos médicos en hospitales;
- b) consecuencias relacionadas con los servicios públicos, por ejemplo: pérdida de los servicios públicos, centros IT, museos;
- c) consecuencias para la actividad comercial o industrial, por ejemplo: hoteles, bancos, industrias, mercados comerciales, haciendas;

- d) consecuencias para grupos de individuos, por ejemplo: grandes edificios residenciales, iglesias, oficinas, escuelas;
- e) consecuencias para los individuos, por ejemplo: edificios residenciales y pequeñas oficinas.

Para los niveles de consecuencias desde a) hasta d), se suministrará la protección contra sobretensión

NOTA 2 No hay necesidad de realizar un cálculo de evaluación de riesgo de acuerdo con el anexo D para niveles de consecuencias desde a) hasta c) ya que este cálculo siempre conduce al resultado de que requiere protección.

Para los niveles de consecuencias desde d) y e), el requerimiento para la protección depende del resultado de un cálculo. El cálculo se efectuará usando la formula en el anexo D para la determinación de la longitud  $d$ , que se basa en una convención y se llama longitud convencional.

Se requiere protección si:

$$d > d_c$$

donde

$d$  es la longitud convencional en km de la línea de suministro de la estructura considerada con un valor máximo de 1 km;

$d_c$  es la longitud crítica;

$d_c$  en km, es igual a  $1/N_g$  para el nivel de consecuencia d) e igual a  $2/N_g$  para el nivel de consecuencia e) donde  $N_g$  es la frecuencia de los relámpagos por km<sup>2</sup> por año.

Si este cálculo indica que se requiere un SPD, el nivel de protección de este dispositivo de protección no será mayor que el nivel de sobretensión categoría II dado en la tabla 44B.

#### **443.4 Resistencia a la tensión de impulso requerida del equipamiento**

Los equipos eléctricos se seleccionarán de manera que la tensión asignada como su resistencia a los impulsos no sea inferior a la tensión especificada en la tabla 44 B. Es responsabilidad de los comités de productos para el equipamiento de la instalación prescribir la tensión asignada de resistencia a las sobretensiones en la norma correspondiente, como está especificada en la tabla 44 B. Es responsabilidad de cada comité de producto solicitar el rango de resistencia a la tensión impulso en sus normas pertinentes especificada de acuerdo con la IEC 60664-1.

**Tabla 44B – Tensión nominal requerida de los equipos como la resistencia al impulso**

Tensión nominal de la instalación <sup>a</sup> V		Tensión requerida como la resistente a las sobretensiones KV <sup>c</sup>			
Sistemas trifásicos <sup>b</sup>	Sistemas monofásicos con punto neutro	Equipamiento en el origen de la instalación (categoría IV de resistencia al impulso)	Equipamiento de distribución y de circuitos finales (categoría III de resistencia al impulso)	Aparatos (categoría II de resistencia al impulso)	Equipamiento protegido especialmente (categoría I de resistencia al impulso)
–	120-240	4	2.5	1.5	0.8
230/400 <sup>b</sup>	–	6	4	2.5	1.5
277/480 <sup>b</sup>	–				
400/690	–	8	6	4	2.5
1000	–	Valores dependientes de los ingenieros de los sistemas			

a De acuerdo a la IEC 60038.

b En Canadá y EE UU, para tensiones a tierra superiores a 300v, se aplica la tensión de resistencia al impulso correspondiente a la tensión inmediata superior

c Esta tensión de impulso resistente es aplicada entre los conductores vivos y el PE

**444** (Número disponible)**444.1** (Número disponible)**444.2** (Número disponible)

NOTA Estos tres números han quedado disponibles para hacer posible que los números siguientes se mantengan.

**444.3 Medidas contra las influencias eléctricas y magnéticas sobre los equipos eléctricos**

Medidas que deben ser tomadas contra las influencias eléctricas y magnéticas sobre los equipos eléctricos

Todos los equipos eléctricos satisfarán los requisitos apropiados de la compatibilidad electromagnética (EMC) y estarán de acuerdo con las normas correspondientes de la EMC.

Se hace también referencia a 515.3, compatibilidad electromagnética (EMC) y 515.3.1, selección de los niveles de inmunidad y de emisión, de la IEC 60364-5-51.

Además, se hace referencia a la IEC 60364-5-54.

Se tendrá en cuenta lo siguiente (ver también la figura 44O) por el diseñador de instalaciones eléctricas para reducir el efecto de las sobretensiones inducidas y la interferencia electromagnética (EMI):

**444.3.1** Ubicación de fuentes potenciales de interferencia relativas a los equipos eléctricos sensibles.

**444.3.2** Ubicación de equipos eléctricos sensibles en relación con corriente eléctrica alta, como (blido) barras o en equipos, p.e. ascensores.

**444.3.3** Incluir filtros o dispositivos de protección, o ambos, contra rayos en los circuitos que alimentan equipos eléctricos sensibles.

**444.3.4** Selección de dispositivos de protección con características apropiadas de retardo para evitar disparos innecesarios durante los fenómenos transientes.

**444.3.5** Interconexión de las envolventes y pantallas metálicas.

**444.3.6** Separación adecuada (por distancia o apantallado) de los cables electroenergéticos y de señales, cruzamientos en ángulos rectos.

**444.3.7** Separación adecuada (por distancia o apantallado) de los cables electroenergéticos y de señales de los conductores descendientes de los sistemas de protección contra rayos (LPS) (ver IEC 61024-1 y la figura 44P)

**444.3.8** Evitar los lazos inductivos, mediante la selección de una ruta común para la canalización de los diferentes sistema (ver también 444.4.4).

**444.3.9** Utilización de cables de señales apantallados o de pares torcidos, o ambos.

**444.3.10** Hacer las interconexiones tan cortas como sea posible.

**444.3.11** Las canalizaciones con monoconductores, encerrarlas en envolventes metálicas interconectadas o equivalentes.

**444.3.12** Evitar el sistema TN-C en instalaciones con equipos eléctricos sensibles (ver la figura 1, así como 548.4 de la IEC 60364-5-548). Para edificaciones que tienen, o es probable que tengan, instalados una cantidad significativa de equipos de tecnología de la información, se tendrá en cuenta el uso de conductores de protección (PE) y conductores neutro (N), separados, más allá del punto de entrada de la alimentación, para minimizar la posibilidad de problemas electromagnéticos debidos al desvío de la corriente del neutro a través de los cables de señales con la consecuencia de daños o interferencias.

**444.3.13** Para los sistemas TN-C-S dentro de la edificación hay dos posibilidades en dependencia de la configuración para la interconexión del equipamiento eléctrico y de las partes conductoras ajenas a este:

. cambiar la sección TN-C del sistema TN-C-S a una sección TN-S para la distribución dentro de la edificación (ver las figuras 44 La, 44 Lb y 44 M);

. evitar el exceso de lazos entre diferentes secciones TN-S del sistema TN-C-S dentro de la edificación (ver la figura 44 Lb).

**444.3.14** Las tuberías metálicas (p.e. para agua, gas, o cables de calefacción) y los cables deben penetrar en la edificación en el mismo lugar. Las laminas metálicas, pantallas, tuberías metálicas y conexiones de estas partes se interconectarán y se conectarán a la unión equipotencial principal (MEB) de la edificación (ver figura 44N) con conductores de impedancia baja.

**444.3.15** En el caso de áreas diferentes que tienen sistemas separados de unión equipotencial, la utilización de cables de fibra óptica libre de metal u otros sistemas no conductores debe emplearse entre estas áreas diferentes.

NOTA El problema de tensiones diferenciales de tierra en grandes redes públicas de telecomunicaciones es responsabilidad del operador de la red, quien puede emplear otros métodos.

#### **444.4 Medidas para las conexiones de señales**

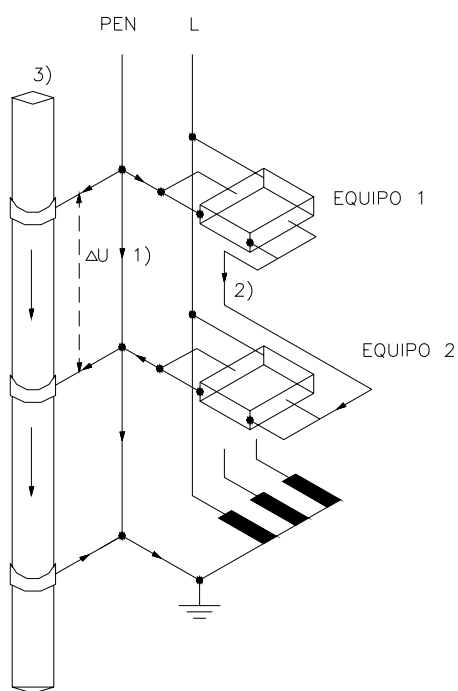
En edificaciones que incluyen un conductor PEN, o cuando hay EMI en cables de señales a causa de disposiciones inadecuadas en la instalación eléctrica (ver 548.5 de la IEC 60364-5-548), se pueden considerar los métodos siguientes para evitar el problema o minimizarlo.

**444.4.1** Utilización de enlaces de fibra óptica para las conexiones de señales.

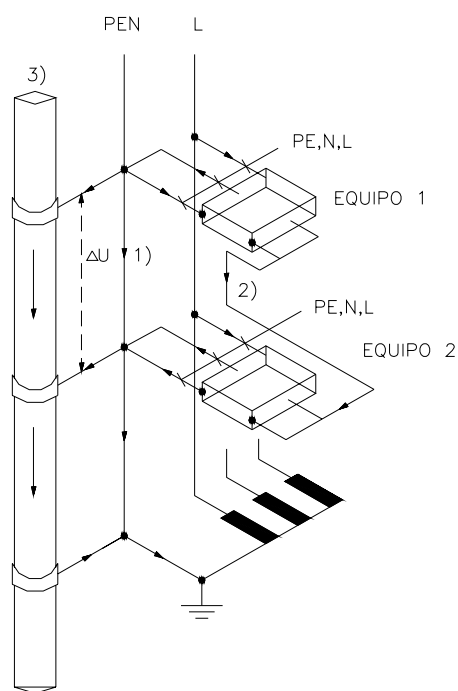
**444.4.2** Utilización de equipos eléctricos de la clase II.

**444.4.3** Utilización localmente de transformadores con devanados separados (transformadores de bobinas dobles) para la alimentación del equipamiento eléctrico de la tecnología de la informática, teniendo en cuenta los requisitos de 312.2.3 de la IEC 60364-3 y 413.1.5 para sistemas IT (sistemas IT locales), o los de 413.5 de la IEC 60364-4-41, para la protección por separación eléctrica (p.e., transformadores de acuerdo con la IEC 60742).

**444.4.4** Utilización de un recorrido adecuado de las canalizaciones (cableado), para minimizar el área comprendida por lazos comunes formados por cables de alimentación y cables de señales.



**Figura 44 La- Sistema TN-C**



**Figura 44 La- Sistema TN-C-S**

Leyenda

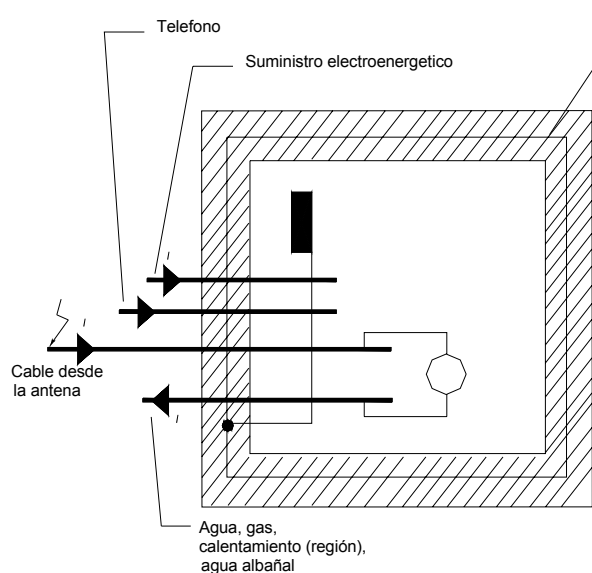
- 1) Caída de tensión  $\Delta U$  a lo largo del PEN
- 2) Lazo de área limitada
- 3) Parte conductora extraña

NOTA En un sistema TN-C, la corriente que en un sistema TN-S fluiría solamente a través del conductor neutro, fluye a través de las pantallas o conductores de referencia de los cables de transmisión de señales, partes conductoras expuestas y partes conductoras ajenas como las estructuras metálicas.





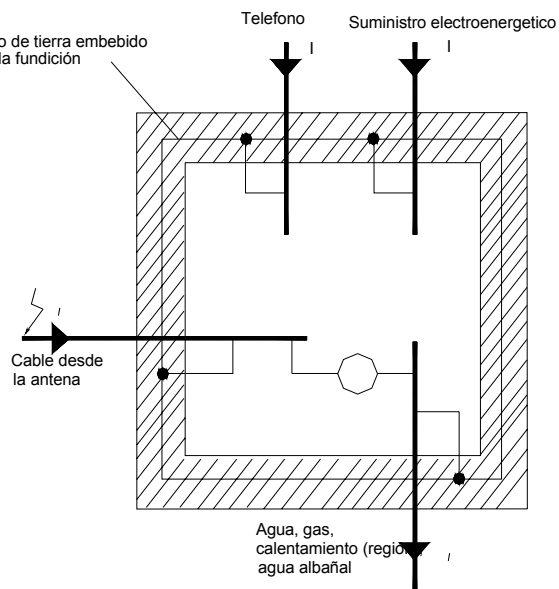
**Figura 44 M Evitar las corrientes en el conductor neutro en una estructura interconectada mediante la utilización del sistemas TN-S dentro del sistema de la edificación**



**Figura 44 Na**

Se prefiere un punto de entrada común

$$U \approx 0 \text{ v}$$



**Figura 44 Nb**

Debe evitarse entrar por lugares diferentes

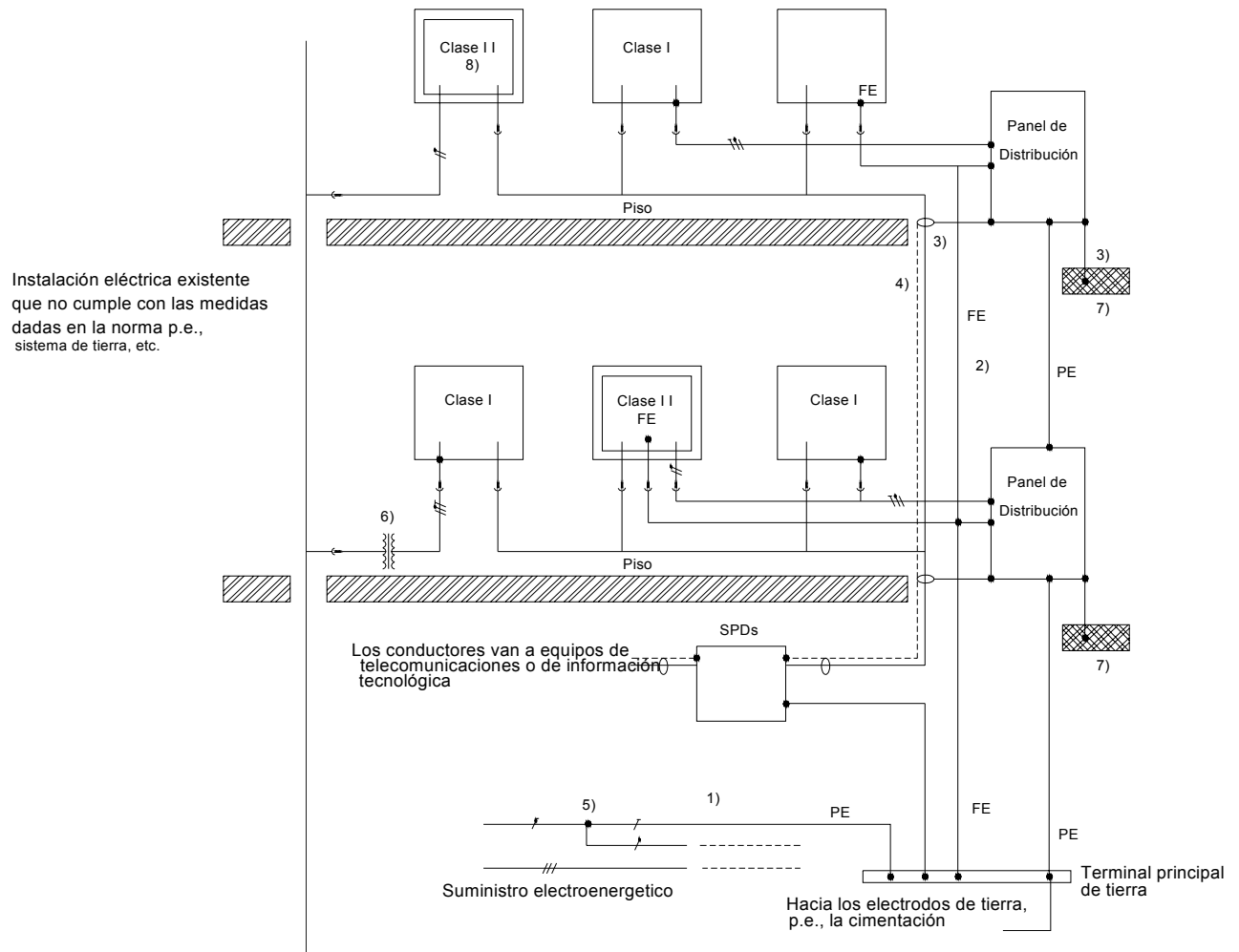
$$U \neq 0 \text{ v}$$

Leyenda

UEP Unión equipotencial principal

I Corriente de inducción

**Figura 44 N – Cables armados y tuberías metálicas que entran en las edificaciones (ejemplos)**

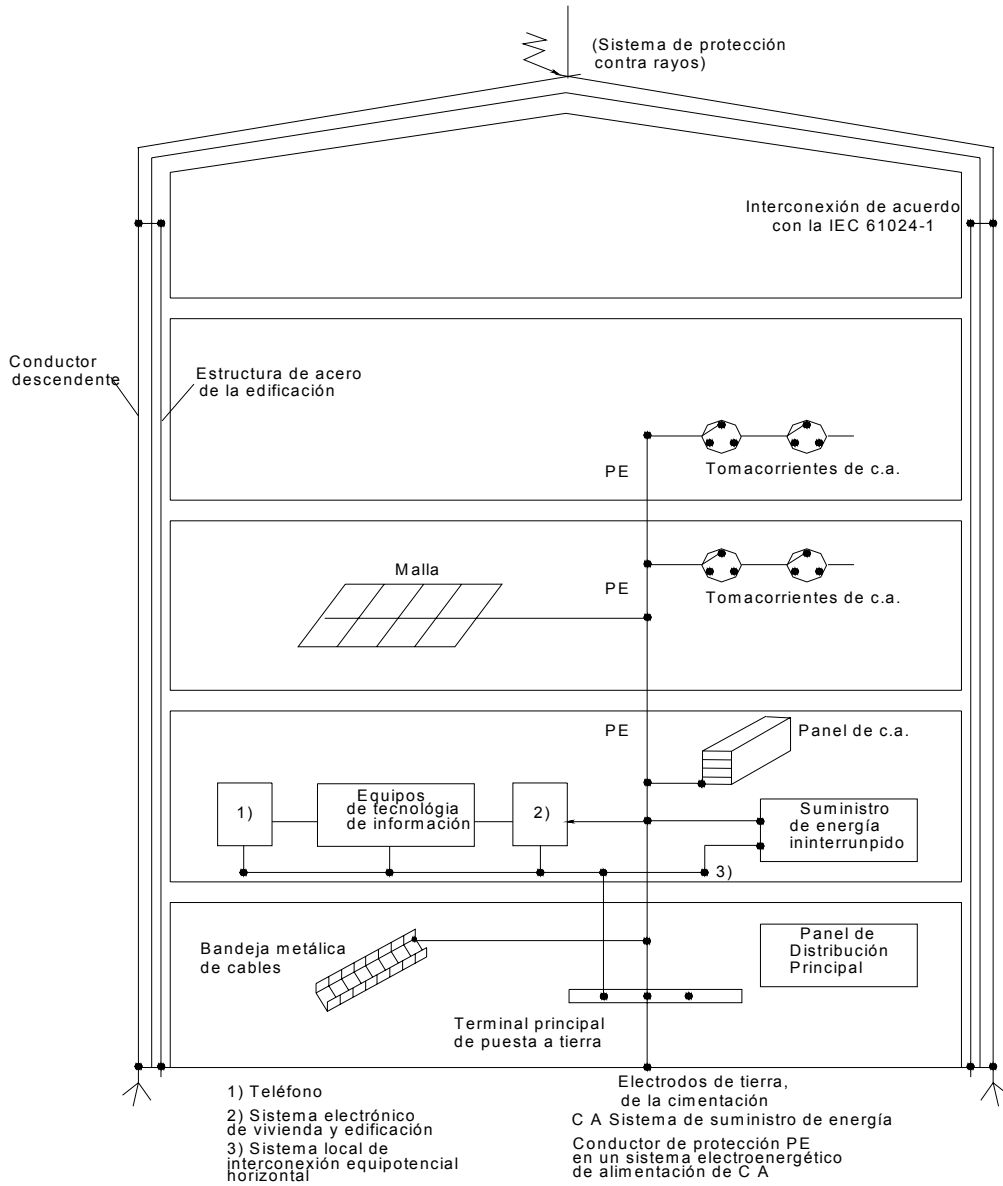


**Leyenda de los símbolos**

- Puntos de interconexión de los conductores de puesta a tierra con fines de protección o funcionales
- FE Conductor de puesta a tierra funcional (opcional) utilizado e interconectado de acuerdo con las instrucciones del operador
- DPR Dispositivo de protección contra sobretensiones
- / Símbolo para el conductor PE
- / Símbolo para el conductor neutro
- / Símbolo para el conductor de fase

	<b>Descripción de las medidas ilustradas</b>	<b>Referencia</b>
Apartado		
444.3.14	Cables y tuberías metálicas entran en la edificación por el mismo lugar	1)
444.3.8	Ruta común con separaciones adecuadas y evitación de lazos	2)
IEC 61000-2-5;	Interconexiones lo más cortas posibles y empleo de conductor puesto a tierra en paralelo a un cable	3)
444.3.10	Cables de señales apantallados y /o conductores pares torcidos	4)
444.3.9	Evitación del TN-C más allá del punto de entrada de la alimentación	5)
444.3.12	Uso de transformadores con devanados separados	6)
444.4.3	Sistema local de interconexión horizontal, si está disponible	7)
IEC 60364-5-54, Anexo B		
444.4.2	Uso de equipamientos de la clase II	8)

**Figura 44 O Ilustración de las medidas descritas en esta norma en una edificación existente**



**Figura 44 P – Resumen de un sistema de puesta a tierra en una edificación, de acuerdo con la IEC 60364-5-54, IEC 61000-2-5 e IEC 61024-1**

**445 (45) Protección contra las subtensiones****445.1 (451) Requisitos generales**

**445.1.1 (451.1) Se tomarán medidas adecuadas cuando una caída en la tensión, o la pérdida de la tensión y la subsiguiente restauración de ella, pudiera implicar situaciones peligrosas para las personas o las propiedades. Se tomarán medidas, también, cuando una caída en la tensión pudiera ocasionar daños a una parte de la instalación o a equipos consumidores de energía eléctrica.**

No se exige un dispositivo de protección contra las subtensiones si se considera que el daño a la instalación o a los equipos consumidores de corriente está dentro de un riesgo aceptable, siempre que no cause daño a las personas.

**445.1.2 (445.2) El funcionamiento de los dispositivos de protección contra las subtensiones puede tener un retardo si el funcionamiento del aparato protegido permite, sin dañarse, una breve interrupción o pérdida de la tensión.**

**445.1.3 (451.3) Si se hace una de contactores, el retardo en la apertura y recierre de ellos no impedirá la desconexión instantánea por los dispositivos de control o protección.**

**445.1.4 (451.4) Las características del dispositivo de protección contra las subtensiones serán compatibles con los requisitos de las normas de la IEC para el arranque y uso del equipamiento eléctrico.**

**445.1.5 (451.5) Cuando el recierre de un dispositivo de protección es probable que cree una situación peligrosa, el recierre no será automático.**

**Anexo A**  
(Informativo)  
**Notas explicativas referentes a 442.1 y 442.1.2**  
**(Anexo A de la IEC 60364-4-442, primera edición)**

#### **A.442.1 Generalidades**

Las reglas en estos dos artículos están destinados a proporcionar seguridad a las personas y al equipamiento eléctrico en un sistema de BT en el caso de una falla a tierra el sistema de AT

Las fallas entre sistemas de tensiones diferentes se refieren a aquellos que pueden ocurrir en el lado de alta tensión de la subestación que alimenta un sistema de baja tensión a través de un sistema de distribución que funcione a una tensión mayor. Tales fallos provocan que fluya una corriente en el electrodo de tierra al cual están conectadas las partes conductoras expuestas de la subestación.

La magnitud de la corriente de la falla depende de la impedancia del lazo de falla, o sea, cómo está puesto a tierra el neutro de la alta tensión.

La corriente de falla que circula por el electrodo de tierra de las partes expuestas de la subestación, provoca una elevación del potencial con respecto a tierra de las partes conductoras a tierra de la subestación, cuya magnitud depende de :

- . la magnitud de la corriente de la falla, y
- . la resistencia del electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas de la subestación.

La tensión de la falla puede alcanzar varios miles de volt y puede, provocar en dependencia de los sistemas de puesta a tierra de la subestación:

- . una elevación general del potencial del sistema de baja tensión respecto a tierra, lo cual puede causar una ruptura del dieléctrico en los equipos de baja tensión,
- . una elevación general del potencial de las partes conductoras expuestas del sistema de baja tensión respecto a tierra, lo que puede dar lugar a un incremento en las tensiones de la falla y de contacto.

Por lo general, lleva más tiempo limpiar una falla en un sistema de alta tensión que en uno de baja tensión, debido a que los relés tienen incorporados retardos por razones de la discriminación contra disparos indeseados a causa de los fenómenos transientes. Los tiempos para el accionamiento del aparallaje de alta tensión son también mayores que los de baja tensión. Esto significa que la duración resultante de la tensión de la falla y la correspondiente tensión de contacto en las partes conductoras expuestas del sistema de baja tensión, puede ser mayor que las establecidas por las reglas de las instalaciones de BT.

Pudiera haber, también, un riesgo de ruptura dieléctrica en el sistema de baja tensión de la subestación o en la instalación del consumidor. El accionamiento de los dispositivos de protección en las condiciones anormales de las tensiones transientes de restablecimiento, pueden dar lugar a dificultades al interrumpirse el circuito o, aún, a su falla al tratar de hacerlo.

Se han de tomar en consideración las siguientes condiciones de falla en le sistema de alta tensión:

Sistemas de alta tensión puestos a tierra con efectividad

Estos sistemas incluyen aquellos en que el neutro está conectado a tierra directamente o a través de una impedancia de valor bajo y donde las fallas a tierra quedan eliminadas por los equipos de protección en un tiempo razonablemente breve.

No se considera la conexión a tierra del neutro en el transformador correspondiente de la subestación.

En general, se desprecian las corrientes capacitivas.

#### Sistemas de alta tensión aislados

Se tiene en cuenta solo las condiciones de una falla debida a una primera falla entre una parte activa de alta tensión y las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora. Esta corriente (capacitiva) puede ser interrumpida, o no, en dependencia de su magnitud y del sistema de protección.

#### **Sistemas de alta tensión con bobinas supresoras de arcos**

No se consideran las bobinas supresoras de arcos en la subestación transformadora correspondiente. Cuando ocurre una falla a tierra en el sistema de alta tensión entre un conductor de alta tensión y las partes conductoras expuestas de la subestación transformadora, solo hay corrientes pequeñas de falla (principalmente corrientes residuales del orden de unas decenas de ampere). Estas corrientes pueden durar períodos prolongados

##### **A.442.1.2 Tensión de falla**

La figura 44 A ha sido deducida de la curva C, de la figura 14 de la IEC 60479-1.

Cuando se consideran los valores para la tensión de falla, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) el poco riesgo de una falla a tierra en el sistema de AT;
- b) el hecho de que la tensión de contacto es siempre inferior que la tensión de la falla debida a la unión equipotencial principal requerida en 413.1.1.2 de la IEC 60364-4-41 y a la presencia de electrodos de tierra adicionales en la instalación del consumidor o en otra parte.

Los valores dados por la ITU-T, 650 v para 0.2 s, y 430 v para la desconexión automática en más de 0.2 s, son ligeramente superiores a los valores en la figura 44 A.

## **Anexo B**

(Informativo)

**Guía para el control de la protección aplicada a líneas aéreas de acuerdo a la nota 1 de 443.3.2.1**

**(Anexo A de la IEC 60364-4-443 enmienda 1 a la segunda edición)**

En las condiciones de 443.3.2.1 y de acuerdo con la nota 1, el control de la protección del nivel de sobretensión puede obtenerse mediante el montaje directamente de dispositivos de protección contra sobretensiones en la instalación, o en las líneas aéreas de la red de distribución de alimentación con el consentimiento del operador de la red.

A título de ejemplo se pueden aplicar las medidas siguientes:

- a) en el caso de redes de distribución mediante líneas aéreas, la protección contra sobretensiones se coloca en los puntos de conexión de la red y particularmente al final de cada alimentador de longitud superior a los 500 m. Se recomienda que los dispositivos de protección contra las sobretensiones se coloquen cada 500 m a lo largo de las líneas de distribución. Se recomienda que la distancia entre los dispositivos de protección contra las sobretensiones sea inferior a 1000 m;
- b) si una red de distribución electroenergética es en una parte aérea y en parte soterrada, la protección contra las sobretensiones en las líneas aéreas debe aplicarse de acuerdo con a) en cada punto de transición de una línea aérea a un cable soterrado;
- c) en una red de distribución TN que alimenta instalaciones eléctricas, en que la protección contra los contactos indirectos la proporciona la desconexión automática de la alimentación, los conductores de puesta a tierra, de los dispositivos de protección contra las sobretensiones (de rayos) conectados a los conductores de línea, se conectan al conductor PEN o al conductor PE;
- d) en una red de distribución TT que alimenta instalaciones eléctricas, en que la protección contra los contactos indirectos la proporciona la desconexión automática de la alimentación, los dispositivos de protección contra las sobretensiones se conectan a los conductores de línea (fases) y al conductor neutro. En el lugar en que el conductor neutro de la red de alimentación está puesto a tierra con efectividad, no es necesario para el conductor neutro un dispositivo de protección contra las sobretensiones.

NOTA En Alemania el contenido del anexo B es normativo

**Tabla B.1- Posibilidades diferentes de los sistemas IT****(en el caso de una primera falla en la instalación de BT) (ver 442.4.4 y 442.5.2)****(Tabla incluida en el anexo A de la IEC 60364-4-442, primera edición)**

Sistema	Partes conductoras expuestas de los equipos de BT de la subestación	Impedancia del neutro, de haberla	Partes conductoras expuestas de los equipos de la instalación de BT	$U_1$	$U_2$	$U_f$
a				$U_0\sqrt{3}$	$U_0\sqrt{3}$	$R \times I_m$
b			0	$U_0\sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0\sqrt{3}$	$0^a$
c <sup>b</sup>	0	0	0	$R \times I_m + U_0\sqrt{3}$	$U_0\sqrt{3}$	$0^a$
d	0			$R \times I_m + U_0\sqrt{3}$	$U_0\sqrt{3}$	$0^a$
e <sup>b</sup>		0		$R \times I_m + U_0\sqrt{3}$	$R \times I_m + U_0\sqrt{3}$	$R \times I_m$

a De hecho  $U_f$  es igual al producto de la corriente de la primera falla por la resistencia del electrodo de tierra de las partes conductoras expuestas ( $R_A \times I_d$ ) que debe ser inferior o igual a  $U_L$ . Además, en los sistemas a, b, y d las corrientes capacitivas que fluyen a través de la primera falla pueden aumentar en ciertos casos el valor de  $U_f$ , pero esto está fuera de consideración.

b) En los sistemas c1 y e1, está instalada una impedancia entre el neutro y la tierra (neutro independiente).  
En los sistemas c2 y e2, no hay impedancia instalada entre el neutro y la tierra (neutro segregado).

**Las figuras 44 D a 44 K muestran las posibilidades diferentes de las puestas a tierra, con una primera falla en la instalación del consumidor, o sin ella.**



### Anexo C (Informativo)

#### IEC 60364-Partes 1 a 6: Reestructuración

**Tabla C.1- Relación entre las partes reestructuradas y las partes originales**

Numero de la publicación según la reestructuración	Publicación viejas contenidas en la parte nueva	Título	Publicada	Enmienda fecha
Parte 1 Principio fundamentales	IEC 60364-1 Ed.3	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte1: Alcance, objetivos y principios fundamentales</i>	1992	-
	IEC 60364-2-21TR3 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 2: Definiciones-capitulo 21: guía para los términos generales</i>	1993	
	IEC 60364-3 Ed.2	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 3: Evaluación de las características generales</i>	1993	A1 (1994) A2 (1995)
Parte 4-41 Protección para la seguridad. Protección contra los choques eléctricos	IEC 60364-4-41 Ed.3	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte4 :Protección para la seguridad – Capitulo 41: Protección contra los choques eléctricos</i>	1992	A1 (1996) A2 (1999)
	IEC 60364-4-46 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad -capitulo46:Segregación y conmutación</i>	1981	
	IEC 60364-4-47 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad - capitulo 47 :Aplicación de medidas de protección para la seguridad- Sección 470:generalidades-Sección 471:Medidas de protección contra los choques eléctricos</i>	1981	A1 (1993)
	IEC 60364-4-481 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 48:Selección de las medidas de protección en función de las influencias externas-Sección 481: Selección de las medidas de protección contra los choques eléctricos en relación con las influencias externas.</i>	1993	
Parte 4-42: Protección para la seguridad. Protección contra los efectos térmicos	IEC 60364-4-42 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 42:Protección contra los efectos térmicos.</i>	1980	
	IEC 60364-4-482 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 48:Selección de las medidas de protección en función de las influencias externas -Sección 482: Protección contra el fuego</i>	1982	
Parte 4-43: Protección para la seguridad. Protección contra las sobrecorrientes	IEC 60364-4-43 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 43:Protección contra las sobre corrientes</i>	1977	A1 (1997)
	IEC 60364-4-473 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 47:Aplicación de medidas de protección para la seguridad -Sección473:Medidas de protección contra las sobrecorrientes</i>	1977	A1 (1998)
Parte4-44: Protección para la seguridad. Protección contra las perturbaciones magnéticas y de la tensión	IEC 60364-4-442 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 44Protección contra las sobretensiones- Sección 442: Protección de las instalaciones de baja tensión contra las fallas entre sistema de alta tensión y tierra</i>	1993	A1 (1995) A2 (1999)
	IEC 60364-4-443 Ed.2	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 44:Protección contra las sobretensiones Sección 443Protección contra las sobretensiones de origen atmosférico debidas a la conmutación.</i>	1995	A1 (1998)
	IEC 60364-4-444 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: Protección para la seguridad capitulo 44: Protección contra las sobretensiones Sección 444:Protección contra las interferencias electromagnéticas (IEM) en las instalaciones de edificaciones.</i>	1996	
	IEC 60364-4-45 Ed.1	<i>Instalaciones eléctricas en edificaciones Parte 4: : Protección para la seguridad capitulo 45:Protección contra las subtensiones</i>	1984	

Tabla C.1- Continuación

Parte 5-51 Selección y montaje de materiales eléctricos - Reglas comunes	IEC 60364-5-51 Ed.3	Instalaciones eléctricas en edificaciones -Parte 5:Selección y montaje de materiales eléctricos – Capítulo 51: Reglas comunes	1997	
	IEC 60364-3	Instalaciones eléctricas en edificaciones -Parte 3: -Evaluación de las características generales	1993	A1 (1994) A2 (1995)
Parte 5-52 Selección y montaje de materiales eléctricos-Canalizaciones	IEC 60364-5-52 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones -Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos – Capítulo 52: Canalizaciones	1993	A1 (1997)
	IEC 60364-5-523 Ed.2	Instalaciones eléctricas en edificaciones -Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos- Capítulo 52: Canalizaciones -Sección 523:Corrientes admisibles	1999	
Parte 5-53 Selección y montaje de materiales eléctricos - Segregación, conmutación y control.	IEC 60364-4-46 Ed.1 (excepto la cláusula 461 que va en la parte 4-41)	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 4: Protección para la seguridad – Capítulo 46: Segregación y conmutación	1981	
	IEC 60364-5-53 Ed.2	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos – Capítulo 53: Dispositivos de fuerza y control	1994	
	IEC 60364-5-534 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos – Capítulo 53: Dispositivos de fuerza y control -Sección 534: Dispositivos para la protección contra las sobretensiones	1997	
	IEC 60364-5-537 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Sección 537: Dispositivos para la segregación y la conmutación	1981	A1 (1989)
Parte 5-54 Selección y montaje de materiales eléctricos – Configuraciones de puesta a tierra	IEC 60364-5-54 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Capítulo 54: Configuraciones de puesta a tierra conductores de protección	1981	A1 (1982)
	IEC 60364-5-548 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Sección 548: Configuraciones de puesta a tierra y conexión equipotencial para instalaciones de tecnología de la información	1996	A1 (1998)
Parte 5-55 Selección y montaje de materiales eléctricos – Otros materiales.	IEC 60364-5-551 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Capítulo 55: Otros materiales – Sección 551: Conjuntos generadores de tensión baja	1994	
	IEC 60364-5-559 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Capítulo 55: Otros materiales – Sección 559: Luminarias e instalaciones de iluminación	1999	
	IEC 60364-5-56 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 5: Selección y montaje de materiales eléctricos –Capítulo 56: Servicios de seguridad	1980	A1 (1998)
	IEC 60364-3 Ed.2	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 3: Evaluación de las características generales	1993	A1 (1994) A2 (1995)
Parte 6-61 Verificación y ensayos – Verificación inicial	IEC 60364-6-61 Ed.1	Instalaciones eléctricas en edificaciones- Parte 6: Verificación – Capítulo 61: Verificación inicial	1986	A1 (1993) A2 (1997)

**Tabla C.2 – Relación entre la numeración nueva de los capítulos y la vieja.**

Número Reestructurado	Anterior si es diferente	Fecha de la(s) publicación(es) originales.	Título del capítulo.
Parte 1 12 Anexo B B 1.0 B 1.1 B 1.2 B 1.3 B 1.4 B 1.5 B 1.7 B 1.8	3.2 21 21.0 21.1 21.2 21.3 21.4 21.5 21.7 21.8	1993 1993 1993 1993 1993 1993 1993 1993 1993 1993	Referencias de normativas. Definiciones, guía de términos generales. Alcance. Características de las instalaciones. Tensiones. Choque eléctrico Puesta a Tierra Circuitos eléctricos. Otros materiales eléctricos Segregación y conmutación.
Parte 4 -41 410 410.2 410.3	400.1 Nuevo 470	1992	Introducción Referencias de normativas. Aplicación de medidas de protección contra los choques eléctricos.
Parte 4 -42 421 422 422.1 422.2 422.3 422.4 422.5	422 482 482.0 482.1 482.2 482.3 482.4	1980 1982 1982 1982 1982 1982 1982	Protección contra el fuego. Protección contra el fuego donde existan riesgos particulares. Generalidades. Condiciones de evacuación en una emergencia. Naturaleza de materiales procesados o almacenados Materiales de la construcción combustible. Estructuras propagadoras del fuego.
Parte 4 -43 431 431.1 431.2 431.3 433.1 433.2 433.3 433.4 433.5 433.6 434.1 434.2 434.3 434.4 434.5	473.3 473.3.1 473.3.2 473.3.3 433.2 473.1.1 473.1.2 473.1.3 473.1.4 473.1.5 434.2 473.2.1 473.2.3 473.2.4 434.3	1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977 1977	Requisitos según la naturaleza de los circuitos. Protección de los conductores de las fases Protección del conductor neutro. Desconexión y reconexión del conductor neutro. Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección contra sobre descargas. Posición de los dispositivos para la protección contra las sobrecargas. Omisión de los dispositivos para la protección contra las descargas. Posición a omisión de los dispositivos para la protección contra las sobrecargas en los sistemas IT. Casos donde la omisión de los dispositivos para la protección contra las descargas se recomienda por razones de seguridad. Protección de conductores en paralelo contra las sobrecargas. Determinación de las corrientes de cortocircuitos futuras perspectivas Posición de los dispositivos para la protección contra cortocircuitos. Omisión de dispositivos para la protección contra cortocircuitos. Protección de conductores en paneles contra los cortocircuitos. Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos.

Tabla C.2 (continuación)

Parte 4-44			
440		1993,1995 y 1996 respectivamente	Introducción- Compilada de las introducciones de las partes 4-442 (en parte), 4-443 y 4-444 (en parte)
440.1	442.1.1	1993	Alcance
440.2	442.1.4	1993	Referencia de normativas.
445	45	1993	Protección contra las sub-tensiones.
445.1	451	1984	Requisitos generales.
Parte 5-51			
510	51	1977	Introducción.
511	320.1	1993	Condiciones de funcionamiento e influencias externas.
	320.2		
Parte 5-52			
Tabla 52-1	52 F	1993	Selección de las canalizaciones.
Tabla 52-2	52 G	1993	Montaje de las canalizaciones.
Tabla 52-3	52 H	1993	Ejemplar de métodos de instalación
Tabla 52-4	52-A	1993	Temperaturas máximas de funcionamiento para los tipos de aislamiento.
523.5	523.4	1983	Grupos que contienen más de un circuito.
523.6	523.5	1983	Números de conductores cargados.
523.7	523.6	1983	Conductores en paralelo.
523.8	523.7	1983	Variación de las condiciones de instalación a lo largo del recorrido
Tabla 52-5	525	1993	Sección mínima de los conductores
Anexo C	Anexo B	1993	Formulas para expresar las corrientes admisibles.
Anexo D	Anexo C	1993	Efectos de las corrientes armónicas sobre los sistemas trifásicos balanceados.
Parte 5-53			
534.3	535	1997	Dispositivos para la protección contra las Sub – tensiones.
535	539	1981	Coordinación de varios dispositivos de protección.
535.1	539.1		Discriminación entre dispositivos de protección contra las sub-corrientes.
535.2	539.2		Asociación de dispositivos de protección contra corrientes residuales.
535.3	539.3		Discriminación entre dispositivos de protección contra corrientes residuales.
536	46	1981	Segregación y conmutación.
536.0	460	1981	Introducción
536.1	461	1981	Generalidades
536.2	462	1981	Segregación
536.3	463	1981	Desconexión para el mantenimiento mecánico.
536.4	464	1981	Conmutación de emergencia.
536.5	465	1981	Conmutación funcional.
Parte 5-54			NOTA No ha habido cambios en la numeración de los capítulos.
Parte 5-55			
550.2	551.1.2	1994	Referencia de normativas.
	559.2		
556	56	1980	Servicios de Seguridad.
556.1	352	1980	Generalidades.
556.4	562	1980	Fuente de seguridad.
556.5	563	1980	Circuitos.
556.6	564	1980	Equipos de utilización.
556.7	565	1980	Requisitos especiales para los servicios de seguridad que tienen fuertes que no son capaces de funcionar en paralelo.
556.8	566	1980	Requisitos especiales para los servicios de seguridad que tienen fuertes que no son capaces de funcionar en paralelo
Parte 6-61	-	Nota	NOTA No ha habido cambios en numeración de los capítulos.

**Anexo D**  
(normativo)

**Determinación de la longitud convencional,  $d$**

La configuración de una línea de distribución de baja tensión, la puesta a tierra, el nivel de aislamiento, y los fenómenos considerados (acoplamiento inductivo o resistivo) conducen a diversas formas para  $d$  la fórmula mostrada abajo representan, por convención, el caso más desfavorable.

NOTA Este método simplificado está basado sobre la IEC 61662.

$$d = d_1 + d_2/K_g + d_3/K_t$$

Por convención,  $d$  se limitado a 1 km.

Donde

$d_1$  la longitud de la línea aérea de suministro de baja tensión de una estructura, esta limitada a 1 km;

$d_2$  la longitud de la línea de suministro no armada soterrada, de baja tensión, esta limitada a 1 km;

$d_3$  la longitud de la línea de suministro aérea de alta tensión de edificaciones, esta limitada a 1 km;

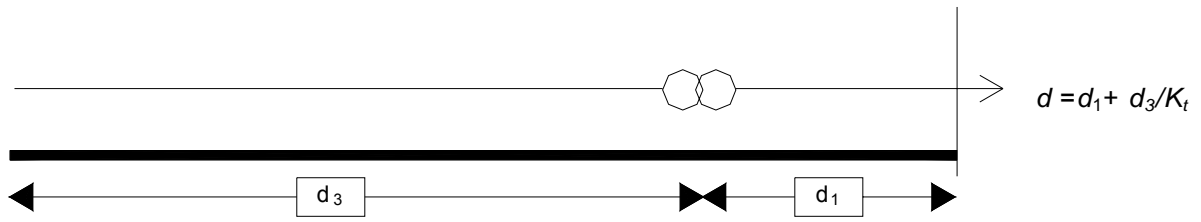
La longitud de la línea de alimentación soterrada de alta tensión es despreciable

La longitud de la línea de alimentación apantallada soterrada de baja tensión es despreciable

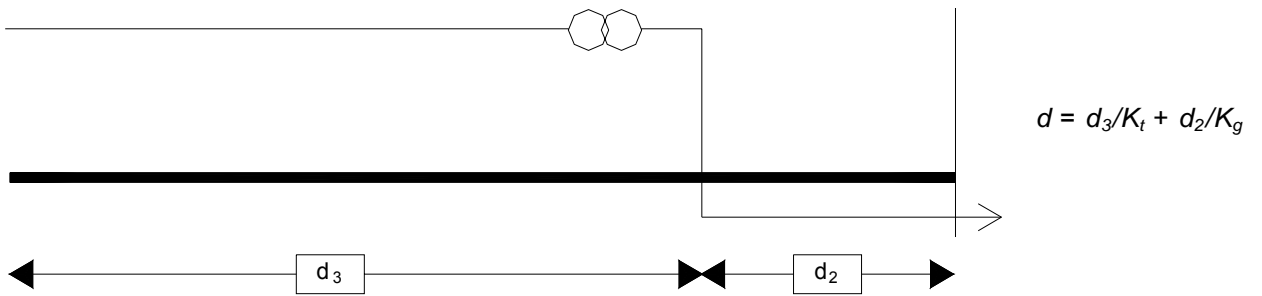
$K_g = 4$  Es el factor de reducción basado en el radio de influencia de los impactos entre líneas aéreas y los cables apantallados soterrados, calculados para una resistividad del suelo de  $250\Omega$

$K_t = 4$  Es el factor de reducción típico para un transformador.

Alta y baja tensión en líneas aéreas



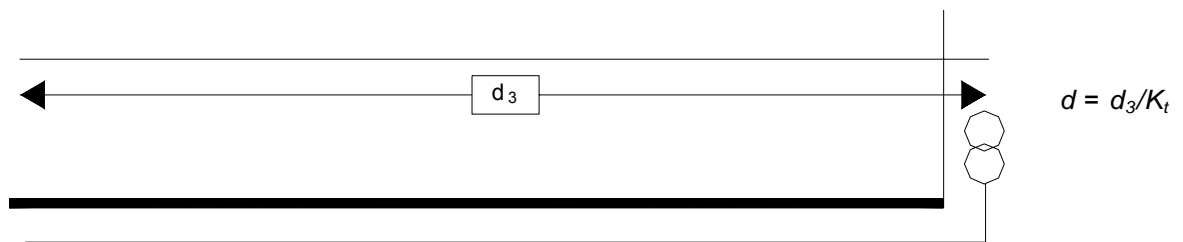
Lado de alta tensión en línea aérea y lado de baja tensión soterrado



Alta y baja tensión en líneas soterradas



Alta tensión en una línea aérea



NOTA Cuando ambos lados del transformador se encuentran dentro de una edificación  $d_1 = d_2 = 0$

**Figura 44Q.- Ejemplos de cómo aplicar  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$  para determinar  $d$**

### Bibliografía

IEC 60364-3:1993, *Instalaciones eléctricas en edificaciones – Parte 3: Evaluación de las características generales de los asentamientos*

IEC 60364-5-51: 2001, *Instalaciones eléctricas en edificaciones. Parte 5-51: Selección y montaje del material eléctrico. Reglas comunes.*

IEC 61000-2(completa), *Compatibilidad electromagnética (CEM) –Parte 2: Medioambiente –*

IEC 61000-5(completa), *Compatibilidad electromagnética (CEM) –Parte 5: Lineamientos de instalación y mitigación*

IEC 61663-1, *Protección contra rayos- Líneas de telecomunicaciones- Parte1. Instalación de la fibra óptica.*