

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**K.44**

(05/2017)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS  
INTERFERENCIAS

---

**Pruebas de inmunidad de los equipos de  
telecomunicaciones expuestos a las  
sobretensiones y sobrecorrientes –  
Recomendación básica**

Recomendación UIT-T K.44



## Recomendación UIT-T K.44

### Pruebas de inmunidad de los equipos de telecomunicaciones expuestos a las sobretensiones y sobrecorrientes – Recomendación básica

#### Resumen

La Recomendación UIT-T K.44 tiene por objeto establecer criterios y métodos de prueba fundamentales sobre la inmunidad de los equipos de telecomunicaciones contra las sobretensiones y sobrecorrientes.

Las sobretensiones y sobrecorrientes a que se refiere esta Recomendación incluyen las descargas de rayos en las líneas o cerca de ellas, la inducción de corta duración por tensiones alternas procedentes de líneas de energía o sistemas ferroviarios electrificados adyacentes, la elevación del potencial de tierra debido a fallos del sistema de energía y los contactos directos entre líneas de comunicación y líneas de energía.

Los cambios principales respecto de la versión de 2008 de la presente Recomendación incluyen:

- actualización de las referencias;
- modificación del Criterio A;
- revisión de los modelos de prueba en aras de la claridad;
- adición de modelos de prueba para puertos externos de cable coaxial;
- adición de modelos de prueba de multiconductores para cables internos sin apantallar;
- adición de tolerancias para la generación de forma de onda;
- adición de puertos que se basan en la coordinación del aislamiento para la protección contra descargas.

#### Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T K.44	2000-02-25	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/4907">11.1002/1000/4907</a>
2.0	ITU-T K.44	2003-07-29	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/6496">11.1002/1000/6496</a>
3.0	ITU-T K.44	2008-04-13	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/9403">11.1002/1000/9403</a>
4.0	ITU-T K.44	2011-11-13	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11422">11.1002/1000/11422</a>
5.0	ITU-T K.44	2012-05-29	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11629">11.1002/1000/11629</a>
5.1	ITU-T K.44 (2012) Cor. 1	2013-03-16	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11902">11.1002/1000/11902</a>
5.2	ITU-T K.44 (2012) Amd. 1	2015-04-22	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12406">11.1002/1000/12406</a>
5.3	ITU-T K.44 (2012) Amd. 2	2015-12-14	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12679">11.1002/1000/12679</a>
6.0	ITU-T K.44	2016-06-29	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12869">11.1002/1000/12869</a>
7.0	ITU-T K.44	2017-05-24	5	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13128">11.1002/1000/13128</a>

#### Palabras clave

1,2/50-8/20, 10/700, alimentación de energía a distancia, alimentación por Ethernet (PoE), básico, circuito de pruebas de inmunidad, contacto con la línea de energía, descargas, equipos de telecomunicaciones, Ethernet, inducción debida a líneas de energía, inmunidad especial, mejorado, puerto externo, puerto interno, sobrecorriente, sobretensión, transversal

\* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2018

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
1 Alcance .....	1
2 Referencias .....	1
3 Definiciones, abreviaciones y símbolos .....	2
3.1 Definiciones.....	2
3.2 Abreviaturas y acrónimos.....	7
3.3 Símbolos.....	9
4 Condiciones de sobretensión y sobrecorriente .....	9
5 Requisitos de inmunidad.....	9
5.1 Requisito de inmunidad básico.....	10
5.2 Requisitos de inmunidad mejorados.....	10
5.3 Requisitos de inmunidad especiales .....	10
6 Frontera de equipo .....	11
7 Condiciones de prueba.....	11
7.1 Puertos de interfaz .....	11
7.2 Tipos de pruebas.....	11
7.3 Condiciones de prueba .....	13
7.4 Esquemas de las pruebas .....	15
8 Coordinación de la protección .....	15
8.1 Generalidades .....	15
8.2 Rayo.....	16
8.3 Inducción debida a líneas de energía, elevación del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía .....	16
8.4 Protector de prueba especial.....	17
8.5 Selección del protector primario acordado.....	17
9 Criterios de aceptación .....	17
10 Pruebas.....	18
10.1 Puerto de par simétrico externo.....	23
10.2 Puerto coaxial externo .....	24
10.3 Puertos externos de alimentación de energía especializados c.c. y c.a. ....	25
10.4 Puerto externo de alimentación c.a.....	26
10.5 Puertos internos .....	27
Anexo A – Esquemas de las pruebas .....	28
A.1 Introducción.....	28
A.2 Equipos .....	28
A.3 Generadores de prueba .....	36
A.4 Generación de forma de onda.....	38

	<b>Página</b>
A.5 Alimentación de energía, acoplamiento, desacoplamiento y terminaciones..	39
A.6 Esquemas de prueba de distintos tipos de puertos.....	55
Apéndice I – Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas.....	83
I.1 Pruebas .....	83
I.2 Gama de niveles para las pruebas relativas a las descargas del rayo y a la inducción debida a líneas de energía .....	109
I.3 Relación entre la presente Recomendación y otras Recomendaciones genéricas/específicas .....	109
Apéndice II – Información suplementaria para los fabricantes y operadores.....	111
II.1 Introducción.....	111
II.2 Coordinación de la protección primaria .....	111
II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo .....	115
II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal.....	123
II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro .....	124
II.6 Requisitos especiales de inmunidad .....	127
II.7 Incendio de equipos que cumplen la Recomendación UIT-T K.21 .....	131
II.8 Ethernet.....	131
Bibliografía .....	137

## Recomendación UIT-T K.44

### Pruebas de inmunidad de los equipos de telecomunicaciones expuestos a las sobretensiones y sobrecorrientes – Recomendación básica

#### 1 Alcance

Esta Recomendación básica describe las pruebas de inmunidad para todos los equipos de telecomunicaciones con relación a las sobretensiones y sobrecorrientes, para uso de los fabricantes y operadores de red.

Se aplica a todos los equipos de telecomunicaciones conectados a conductores metálicos situados en exteriores o en interiores. Debe leerse junto con las Recomendaciones [UIT-T K.11] y [UIT-T K.39] que abordan los aspectos económicos y técnicos generales de la protección.

Esta Recomendación no especifica niveles de prueba ni criterios de aceptación particulares para equipos específicos.

Los niveles de prueba y los puntos de prueba apropiados figuran en la Recomendación genérica/específica pertinente.

Por consiguiente, esta Recomendación debe utilizarse junto con la Recomendación genérica/específica que aborda los requisitos de inmunidad pertinentes al equipo que debe probarse.

Si una Recomendación genérica/específica o algún punto de la misma difiere de esta Recomendación básica, se aplica la Recomendación genérica/específica. La actualización de las Recomendaciones específicas debe coordinarse con la presente Recomendación y referirse a la misma.

La presente Recomendación presupone que las configuraciones de puesta a tierra y continuidad eléctrica satisfacen la Recomendación apropiada relativa al tipo de instalación.

Las pruebas son pruebas tipo y, aunque son aplicables a un sistema completo, se pueden aplicar a elementos individuales de los equipos durante la labor de desarrollo y diseño. Al realizar las pruebas, es necesario tener en cuenta todas las condiciones, ya sea en la unidad sometida a prueba o en otra parte, que puedan afectar a los resultados.

La presente Recomendación no abarca las pruebas de descargas electrostáticas para las cuales se debe aplicar la norma [CEI 61000-4-2].

#### 2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

[UIT-T K.11] Recomendación UIT-T K.11 (2009), *Principios de protección contra las sobretensiones y sobrecorrientes*.

[UIT-T K.12] Recomendación UIT-T K.12 (2010), *Características de los descargadores de gas para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones*.

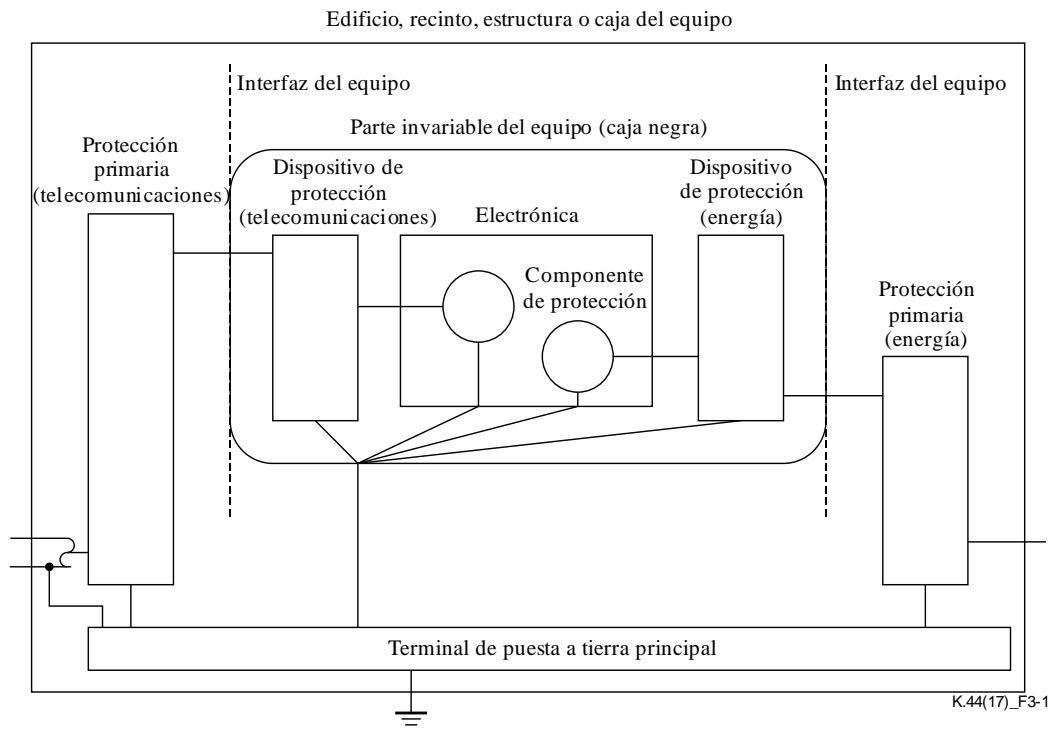
- [UIT-T K.20] Recomendación UIT-T K.20 (2016), *Inmunidad del equipo de telecomunicación instalado en un centro de telecomunicaciones contra las sobretensiones y sobrecorrientes.*
- [UIT-T K.21] Recomendación UIT-T K.21 (2016), *Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en locales del cliente a las sobretensiones y sobrecorrientes.*
- [UIT-T K.27] Recomendación UIT-T K.27 (2015), *Configuraciones de continuidad eléctrica y puesta a tierra dentro de los edificios de telecomunicación.*
- [UIT-T K.28] Recomendación UIT-T K.28 (2012), *Parámetros de los dispositivos basados en tiristores para la protección de las instalaciones de telecomunicaciones.*
- [UIT-T K.39] Recomendación UIT-T K.39 (1996), *Evaluación del riesgo de daños en los emplazamientos de telecomunicaciones debido a las descargas del rayo.*
- [UIT-T K.45] Recomendación UIT-T K.45 (2016), *Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en las redes de acceso y troncales a las sobrecorrientes y sobretensiones.*
- [CEI 60050-701] CEI 60050-701 (1988), *Vocabulario Electrotécnico Internacional. Capítulo 701: Telecomunicaciones, canales y redes.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/433?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/433?OpenDocument)>
- [CEI 60060-1] CEI 60060-1 (2010), *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/000475>>
- [CEI 60065] CEI 60065 (2001), *Audio, video and similar electronic apparatus – Safety requirements.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/28321?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/28321?OpenDocument)>
- [CEI 60664-2-1] CEI 60664-2-1 (2011), *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/44787?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44787?OpenDocument)>
- [CEI 61000-4-2] CEI 61000-4-2 (2008), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026891>>
- [CEI 61000-4-5] CEI 61000-4-5 (2005), *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035289>>
- [CEI 61643-12] CEI 61643-12 (2008), *Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/028546>>
- [CEI 62475] CEI 62475 (2010), *Técnicas de ensayo de alta intensidad – Definiciones y requisitos para los ensayos de intensidad y sistemas de medición.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/44542](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/44542)>

### 3 Definiciones, abreviaciones y símbolos

#### 3.1 Definiciones

La Figura 3-1 facilita la comprensión de las distintas definiciones utilizadas en la presente Recomendación. Indica los elementos asociados con la protección de los equipos que puede haber en una instalación. No se supone que todos estos elementos se utilicen en cada instalación.





NOTA – La disposición de los bloques y de los conductores de continuidad eléctrica dentro del edificio el recinto, la estructura o la caja del equipo tiene por finalidad ayudar a identificarlos, y no implica una disposición física óptima desde el punto de vista de la protección.

**Figura 3-1 – Ilustración de los elementos de protección**

En la presente Recomendación se emplean los siguientes términos definidos a continuación y en otras partes del documento:

**3.1.1 red de acceso (AN):** Parte de la red global de telecomunicaciones situada entre un centro de telecomunicaciones y el edificio de la instalación del cliente.

**3.1.2 protección primaria acordada:** Tipo de dispositivo de protección contra descargas (SPD) que se utiliza para proteger el equipo. La protección primaria acordada puede ser un SPD específico o una gama de SPD que satisfacen una Recomendación, norma o especificación determinada. La protección primaria acordada suele estar especificada por el operador de red, pero puede ser el resultado de discusiones entre el operador de red y el fabricante del equipo. La protección primaria acordada puede no existir si se ha acordado que no es necesario utilizar elementos de protección externa para el equipo.

**3.1.3 clase II (equipo de) [CEI 60065]:** Equipo cuya protección contra choques eléctricos no depende únicamente del aislamiento básico, sino que requiere precauciones de seguridad adicionales, tales como doble aislamiento o aislamiento reforzado, cuando no se prevén disposiciones en relación con el sistema de tierra de protección ni hay suficiente confianza en las condiciones de instalación.

**3.1.4 elemento de acoplamiento:** Componente de baja impedancia que se utiliza en condiciones de sobrecargas repentinas para conectar el generador de sobrecargas al puerto sometido a prueba o para acoplar un puerto no sometido a prueba a tierra.

**3.1.5 equipo en las instalaciones del cliente (CPE):** Equipo destinado a estar conectado directamente a la terminación de una red de telecomunicaciones pública en una instalación del cliente.

**3.1.6 elemento de desacoplamiento:** Componente con una impedancia apropiada para reducir la amplitud de la sobrecarga inducida a equipos o terminaciones auxiliares.

**3.1.7 alimentación de energía especializada (dpf):** Alimentación de energía suministrada por un cable especializado que sale del edificio y se utiliza exclusivamente para proporcionar energía. Véase la cláusula 3.1.23.

**3.1.8 punto de terminación de cable externo:** Punto en el que termina el cable externo y se conecta al cableado del edificio.

NOTA – También es el punto en el que se instalarían SPD, en caso de necesidad.

**3.1.9 dispositivo de protección de tipo limitación:** Este limitador de tensión de tipo fijador de nivel utiliza la acción de un transistor para crear una característica de múltiples entradas o "limitación".

**3.1.10 componentes de protección con capacidad de alta corriente:** Se trata de un SPD diseñado para conducir/desviar la mayor parte de la energía de la descarga del circuito que protege. Los componentes de protección de alta corriente se utilizan principalmente como componentes de protección primaria, pero en algunos casos pueden estar integrados en el equipo como protección inherente.

**3.1.11 protección inherente:** Es la que se suministra dentro del equipo, ya sea gracias a sus características intrínsecas, a un diseño específico o a componentes de protección adecuados.

**3.1.12 puertos de interfaz:**

**3.1.12.1 puerto externo:** Se trata de cualquier interfaz en el equipo que pueda estar sujeta a descargas de c.a. y a descargas de rayos que pasen por un cable exterior.

NOTA – La cláusula A.2.1 ofrece orientación sobre la clasificación de los puertos.

**3.1.12.1.1 puerto de cable coaxial:** Puerto conectado a un cable coaxial.

**3.1.12.1.2 puerto de alimentación de energía especializada:** Puerto conectado a un cable de alimentación de energía especializada.

**3.1.12.1.3 puerto de alimentación del sector:** Puerto conectado a un cable que proporciona la alimentación del sector.

**3.1.12.1.4 puerto de par simétrico:** Puerto conectado a un cable con conductores pares simétricos metálicos (véase [b-UIT-T K.46]). El cable puede ser apantallado o no apantallado. El puerto puede conectarse a un solo par o a pares múltiples.

**3.1.12.2 puerto interno:** Se trata de cualquier interfaz en el equipo que solo está sujeta a fenómenos transitorios inducidos de corta duración, como consecuencia del cableado de los edificios.

NOTA – La cláusula A.2.1 ofrece orientación sobre la clasificación de los puertos.

**3.1.12.2.1 puertos de interfaz de alimentación de energía de c.c.:** Puerto conectado a un cable, por ejemplo a un cable apantallado, que ofrece alimentación de energía de c.c., por ejemplo –48 V.

**3.1.12.2.2 puerto de cable apantallado:** Puerto conectado a un cable apantallado, incluido un cable coaxial.

**3.1.12.2.3 puerto de cable no apantallado:** Puerto conectado a un cable no apantallado. El puerto puede estar conectado a un solo par o a pares múltiples.

**3.1.12.2.4 puerto múltiple:** Expresión empleada para describir equipos con más de un tipo de puerto, por ejemplo un puerto de alimentación del sector y puerto de par simétrico externo.

**3.1.12.3 puerto dentro del sistema:** Puerto utilizado para interconectar módulos de equipos del mismo sistema dentro de un edificio de un centro de telecomunicaciones. El cableado de interconexión está controlado por el fabricante del equipo.

**3.1.13 transformador de aislamiento [CEI 60065]:** Transformador con separación de protección entre los arrollamientos de entrada y de salida.

**3.1.14 aislamiento** [CEI 60664-2-1]: Parte de un producto electrotécnico que separa las partes conductoras en diferentes potenciales eléctricos.

**3.1.15 coordinación del aislamiento** [CEI 60664-2-1]: Correlación mutua de características de aislamiento del equipo eléctrico teniendo en cuenta el microentorno previsto y otros factores influyentes.

**3.1.16 sistemas de distribución de energía tipo IT**: Los sistemas de distribución de energía tipo IT se aíslan del sistema de tierra, salvo un punto que puede estar puesto a tierra a través de una impedancia o un limitador de tensión. Las partes del equipo que se deben poner a tierra se conectan a electrodos de puesta a tierra en las instalaciones del usuario.

**3.1.17 dispositivos multiservicio de protección contra las sobrecargas** [CEI 61643-12]: Se trata de un dispositivo de protección contra las sobrecargas que ofrece protección a dos o más servicios, como la energía, las telecomunicaciones y la señalización, en un solo contenedor en el que se proporciona un vínculo de referencia entre los servicios en condiciones de sobrecarga.

**3.1.18 protección primaria**: Medio por el que se impide que la mayor parte de la tensión por sobrecarga se propague más allá de un lugar determinado (de preferencia, el punto de entrada al edificio).

**3.1.19 protector primario**: Se trata de un SPD utilizado para la protección primaria de una instalación en el lugar (de preferencia, el punto de entrada al edificio), que permite desviar la mayor parte de la corriente de sobrecarga e impedir que la tensión por sobrecarga se propague hacia la instalación. Este SPD debe ser de fácil acceso, poderse quitar y poner, y contar con un dispositivo de continuidad eléctrica equipotencial.

**3.1.20 termistor con coeficiente de temperatura positivo (PTC)**: Termistor en el que la resistencia aumenta con la temperatura de la parte útil de su característica. Los termistores PTC abarcados en la presente Recomendación suelen presentar un aumento muy marcado de la resistencia en un rango de temperatura muy reducido.

**3.1.21 coordinación de la protección**: Acto de garantizar que todos los elementos de protección, internos y externos con relación al equipo, reaccionen de manera que se limite la cantidad de energía, tensión o corriente a niveles que no ocasionen daños a los elementos de protección o al equipo.

**3.1.22 tensión nominal de aislamiento** [CEI 60664-2-1]: Valor RMS de la tensión soportada asignado por el fabricante al equipo o a parte de él, que caracteriza la capacidad específica de resistencia (a largo plazo) de su aislamiento.

**3.1.23 tensión nominal de choque** (aislamiento) [CEI 60664-2-1]: Valor de la tensión de choque asignada por el fabricante al equipo o a parte de él, que caracteriza la capacidad específica de resistencia de su aislamiento contra sobretensiones transitorias.

**3.1.24 alimentación de energía a distancia**: Se trata de una fuente de alimentación proporcionada por partes de señales simétricas o conductores internos de circuitos coaxiales utilizados simultáneamente para la transmisión de señales. Los sistemas de alimentación de energía a distancia que cumplen los requisitos de un circuito TNV no se clasifican como sistema de alimentación de energía a distancia. Los requisitos de los circuitos TNV figuran en [b-CEI 60950-1], y en la cláusula 3.1.7 se define la alimentación de energía especializada (d<sub>pf</sub>).

**3.1.25 inmunidad**: La inmunidad es la aptitud de los equipos o instalaciones de telecomunicación para resistir, por lo general sin daños, los efectos de las sobretensiones o sobrecorrientes, hasta un nivel determinado, y conforme a un criterio específico.

NOTA – Se considera que la *inmunidad* atiende a las necesidades de toda la red de telecomunicaciones, es decir, todos los tipos de redes, ya sean públicas o privadas, así como cualquier equipo instalado en esa red o conectado a ella. Los requisitos de inmunidad dependen de los siguientes fenómenos electromagnéticos: rayo, inducción debida a líneas de energía, elevación del potencial de tierra y contacto con la línea de energía de baja tensión.

**3.1.26 protector de prueba especial:** Componente o circuito utilizado para reemplazar el protector primario acordado a los efectos de verificar la coordinación. Las características de limitación del protector de prueba especial permiten garantizar que los niveles de tensión y corriente a la entrada del equipo sean más altos durante la prueba que durante el servicio, y proporcionan un nivel de garantía de que el equipo estará protegido al añadirse protección primaria.

**3.1.27 componente de protección contra descargas (SPC):** Parte de un dispositivo de protección contra descargas que no puede dividirse físicamente en partes más pequeñas sin perder su función de protección.

NOTA 1 – Se trata de una modificación de la definición del punto 151-11-21 (componente) en el Vocabulario Electrotécnico Internacional [b-CEI 60050-151].

NOTA 2 – La función de protección es no lineal, y la restricción de amplitud comienza efectivamente cuando la amplitud trata de sobrepasar el valor umbral predeterminado del componente.

**3.1.28 dispositivo de protección contra descargas (SPD):** Dispositivo que restringe la tensión de un puerto o puertos determinados, causada por una sobrecarga, cuando sobrepasa un nivel predeterminado.

- 1) Pueden incorporarse funciones secundarias, como es el caso de una limitación de corriente para restringir una corriente terminal.
- 2) El circuito protector suele tener al menos un componente de protección contra descargas limitados de tensiones no lineales.
- 3) Un SPD es una combinación de un circuito de protección y un soporte.

**3.1.29 telecomunicación:** Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos [CEI 60050-701].

**3.1.30 centro de telecomunicaciones:** Instalación de telecomunicaciones cuya puesta a tierra y continuidad eléctrica son conformes a [UIT-T K.27].

**3.1.31 red de telecomunicaciones:** Medio de transmisión destinado a la comunicación entre equipos que pueden estar situados en edificios separados.

NOTA 1 – La expresión "red de telecomunicaciones" se define en términos de funcionalidad, no de características eléctricas.

NOTA 2 – Las redes de telecomunicaciones pueden:

- ser de propiedad pública o privada;
- estar sujetas a sobretensiones transitorias como consecuencia de descargas atmosféricas y fallos en los sistemas de distribución de la energía;
- estar sujetas a tensiones permanentes de puerto a tierra (modo común) inducidas por líneas eléctricas cercanas o líneas de tracción eléctrica.

NOTA 3 – Ejemplos de redes de telecomunicaciones:

- red telefónica pública conmutada (RTPC);
- red de la próxima generación (NGN);
- red pública de datos;
- red privada con características de interfaz eléctrica similares a las anteriores.

**3.1.32 componente de terminación:** Componente que se utiliza para simular la conexión del equipo auxiliar a un puerto sometido a prueba o no sometido a prueba.

**3.1.33 termistor:** Resistor semiconductor termosensible cuya función principal es mostrar un cambio importante en la resistencia eléctrica con un cambio en la temperatura corporal.

**3.1.34 tensión en modo transversal (diferencial):** Tensión en una ubicación determinada entre dos conductores, o pares de conductores, de un grupo.

**3.1.35 red interurbana (TNW):** Parte de una red de telecomunicaciones situada entre dos centros de telecomunicaciones y que asegura la comunicación entre los centros.

**3.1.36 sistemas de distribución de energía tipo TT:** Este tipo de sistema tiene un punto directamente puesto a tierra, y las partes del equipo que deben ponerse a tierra se conectan, en las instalaciones de los usuarios, a los electrodos de puesta a tierra que son independientes eléctricamente de los electrodos de puesta a tierra del sistema de distribución de energía.

**3.1.37 generador de ondas combinadas de 1,2/50-8/20 (CWG):** Generador que produce una forma de onda de tensión de circuito abierto de 1,2/50 y una forma de onda de corriente de cortocircuito de 8/20.

## 3.2 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan los siguientes acrónimos y siglas:

AE	Equipo auxiliar ( <i>auxiliary equipment</i> )
AN	Red de acceso ( <i>access network</i> )
ANE	Equipo de red de acceso ( <i>access network equipment</i> )
AUX	Auxiliar
BN	Red de continuidad eléctrica ( <i>bonding network</i> )
CBN	Red de continuidad eléctrica común ( <i>common bonding network</i> )
c.a.	Corriente alterna
c.c.	Corriente continua
CPE	Equipo en las instalaciones del cliente ( <i>customer premises equipment</i> )
DMT	Multitono discreto ( <i>discrete multitone</i> )
dpf	Alimentación de energía especializada ( <i>dedicated power feed</i> )
ECL	Limitador de corriente electrónica ( <i>electronic current limiter</i> )
ECTP	Punto de terminación de cable externo ( <i>external cable termination point</i> )
EPR	Elevación del potencial de tierra ( <i>earth potential rise</i> )
ESD	Descarga electrostática ( <i>electrostatic discharge</i> )
EUT	Equipo sometido a prueba ( <i>equipment under test</i> )
GDT	Tubo de descarga de gas ( <i>gas discharge tube</i> )
HV	Alta tensión ( <i>high voltage</i> ) (línea de energía de tensión de c.a. > 36 kV y < 200 kV)
IBN	Red de continuidad eléctrica aislada ( <i>isolated bonding network</i> )
LE	Central local ( <i>local exchange</i> )
LI	Interfaz de línea ( <i>line interface</i> )
LT	Terminación de línea ( <i>line termination</i> )
LV	Baja tensión (línea de energía de tensión de c.a. < 1 kV)
MDF	Repartidor principal ( <i>main distribution frame</i> )
MET	Terminal de puesta a tierra principal ( <i>main earthing terminal</i> )
MOV	Varistor de óxido metálico ( <i>metal oxide varistor</i> )

MSPD	Dispositivos multiservicio de protección contra las sobrecargas ( <i>multiservice surge protective device</i> )
MV	Mediana tensión (línea de energía de tensión de c.a. > 1 kV y < 35 kV)
n.a.	No aplicable
NGN	Red de la próxima generación ( <i>next generation network</i> )
NT	Terminación de red ( <i>network termination</i> )
PD	Dispositivo alimentado ( <i>powered device</i> )
PoE	Alimentación por Ethernet ( <i>power over ethernet</i> )
POTS	Servicio telefónico tradicional ( <i>plain old telephone system</i> )
PS	Suministro de energía ( <i>power supply</i> )
PSE	Equipo fuente de energía ( <i>power sourcing equipment</i> )
RTPC	Red telefónica pública conmutada
PTC	Termistor con coeficiente de temperatura positivo ( <i>positive temperature coefficient thermistor</i> )
RDSI	Red digital de servicios integrados
RMS	Valor cuadrático medio ( <i>root mean square</i> )
ROEP	Elevación del potencial de tierra ( <i>rise of earth potential</i> )
RSE	Equipo de conmutación a distancia ( <i>remote switching equipment</i> )
SHDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par ( <i>single-pair high-speed digital subscriber line</i> )
SOHO	Pequeñas oficinas y oficinas domésticas ( <i>small office, home office</i> )
SPC	Componente de protección contra descargas ( <i>surge protective component</i> )
SPD	Dispositivo de protección contra descargas ( <i>surge protective device</i> )
SLIC	Circuito integrado de línea de abonado ( <i>subscriber line integrated circuit</i> )
SSA	Protector de estado sólido ( <i>solid state arrester</i> )
SSOP	Protector contra sobrecorrientes de estado sólido ( <i>solid state overcurrent protector</i> )
STP	Protector de prueba especial ( <i>special test protector</i> )
STP <sub>E</sub>	Ethernet por par trenzado apantallado ( <i>shielded twisted pair Ethernet</i> )
SW	Conmutación ( <i>switch</i> )
TCE	Equipo de centro de telecomunicaciones ( <i>telecommunication centre equipment</i> )
TDD	Dúplex por división en el tiempo ( <i>time division duplex</i> )
TN-C	Tipo de sistema de distribución de energía ( <i>type of power distribution system</i> )
TNV	Tensión de red de telecomunicación ( <i>telecommunication network voltage</i> )
TNW	Red interurbana ( <i>trunk network</i> )
USB	Bus serial universal ( <i>universal serial bus</i> )
UTP <sub>E</sub>	Ethernet por par trenzado no apantallado ( <i>unshielded twisted pair Ethernet</i> )
VDSL	Línea de abonado digital de velocidad muy alta ( <i>very high speed digital subscriber line</i> )

WLAN	Red de área local inalámbrica ( <i>wireless local area network</i> )
XDSL	Cualquier tipo de línea de abonado digital ( <i>digital subscriber line</i> )

### 3.3 Símbolos

$U_c$	Tensión de carga de c.c. del generador de sobrecargas
$U_{c(máx)}$	Máxima tensión de carga de c.c. del generador de sobrecargas
$U_{c.a.(máx)}$	Máxima tensión (abierta) de c.a. para las pruebas de tensión de c.a.

## 4 Condiciones de sobretensión y sobrecorriente

Los aspectos de sobretensión o sobrecorriente que abarca la presente Recomendación son los siguientes:

- sobretensiones debidas a las descargas del rayo en la línea o cerca de ella;
- corrientes importantes en el cableado o en los componentes comunes cuando ocurren sobretensiones o sobrecorrientes simultáneamente en varias líneas;
- corrientes importantes que circulan en el equipo cuando los componentes de alta corriente, que eliminan la necesidad de protección primaria, forman parte integrante del equipo;
- inducción de corta duración de tensiones alternas originada por líneas de energía o sistemas ferroviarios electrificados adyacentes, por lo general cuando hay fallos en esas líneas o sistemas;
- elevación del potencial de tierra a causa de fallos en el sistema de energía;
- contactos directos entre las líneas de telecomunicación y las líneas de energía eléctrica;
- descargas transitorias en las líneas de la red de energía eléctrica;
- diferencia de potencial que puede ocurrir entre un sistema de distribución de energía TT o un sistema de distribución de energía IT y el sistema de telecomunicaciones.

## 5 Requisitos de inmunidad

En el entorno real, el rayo o las líneas de alta tensión tienen influencia sobre las líneas de telecomunicaciones, las líneas de alimentación de energía a distancia (especializadas) y las líneas de energía de la red. En [UIT-T K.11] se describen los diversos grados de influencia y las medidas de protección pertinentes. Con relación a la inmunidad de los equipos de telecomunicaciones conectados a conductores metálicos, puede haber diferentes requisitos de inmunidad en diferentes entornos. Un ejemplo de ello es los distintos sistemas de energía que se describen en [b-UIT-T K.66]. En particular, los sistemas de distribución de energía de los tipos TT e IT, que no tienen conexión al terminal de puesta a tierra principal del edificio (MET), dar lugar a mayores descargas con respecto al MET. Corresponde a las administraciones o a las entidades operadoras de red seleccionar los requisitos de inmunidad apropiados, en las Recomendaciones genéricas o específicas. A fin de reducir el número de diseños de equipo, sólo se especifican los requisitos básicos y mejorados en las Recomendaciones de productos por el momento.

Si bien en las Recomendaciones de productos no figuran requisitos de inmunidad especiales, se reconoce que pueden existir condiciones especiales en las que ni siquiera los requisitos de inmunidad mejorados son suficientes.

Algunos países tienen diferentes sistemas de energía en algunas zonas o no se puede instalar una protección primaria. [b-UIT-T K.98] muestra que los dispositivos multiservicio de protección contra las sobrecargas (MSPD) son una manera eficaz para proteger equipos, en particular los equipos cubiertos. Para proteger los equipos conectados a cables internos largos, puede ser conveniente utilizar los MSPD para proteger los puertos internos. Los MSPD están disponibles fácilmente para

este fin. Esta información debería tenerse en cuenta a la hora de seleccionar los requisitos. Es mejor utilizar requisitos más estrictos para todos los equipos.

### **5.1 Requisito de inmunidad básico**

El equipo debe poderse utilizar en entornos menos expuestos, lo que se logra mediante la protección inherente del equipo. Asimismo, el equipo debe poder utilizarse en entornos más expuestos, lo que se logra mediante la protección inherente del equipo y la protección primaria acordada que se añade. Los puertos que dependen de la coordinación del aislamiento pueden añadir un dispositivo de transformador de aislamiento acordado de mayor tensión de resistencia nominal en lugar de la protección primaria acordada.

### **5.2 Requisitos de inmunidad mejorados**

Cuando los requisitos de inmunidad básicos no son suficientes debido a condiciones ambientales, reglamentaciones nacionales, consideraciones económicas o técnicas, normas de instalación o necesidades de grado de servicio, los operadores de red pueden solicitar el requisito de inmunidad mejorado.

Se pueden requerir niveles de inmunidad "mejorados", entre otros casos, cuando:

- El  $I^2t$  de inducción debida a líneas de energía y las descargas de elevación del potencial de tierra (EPR) superan  $1 A^2s$ .
- Los SPD de protección primaria no están instalados normalmente.
- Cuesta lograr la continuidad eléctrica equipotencial en las instalaciones del cliente, por ejemplo, cuando la longitud del hilo de continuidad eléctrica es superior a 1,5 m.
- El equipo del cliente cuenta con más de un tipo de puerto, por ejemplo, un puerto de alimentación del sector además de un puerto de telecomunicaciones externo, o un puerto de alimentación del sector además de puertos internos.

### **5.3 Requisitos de inmunidad especiales**

Hay circunstancias en que incluso los requisitos de inmunidad mejorados son insuficientes para las instalaciones del cliente debido a condiciones ambientales, reglamentaciones nacionales, consideraciones económicas o técnicas, normas de instalación o necesidades de grado de servicio. En ese caso, los operadores de red pueden solicitar el requisito de inmunidad especial.

Los requisitos de inmunidad especiales se aplican cuando se dan todas las condiciones siguientes:

- existe un sistema de energía TT o IT;
- la puesta a tierra y continuidad eléctrica no está instalada de conformidad con [b-UIT-T K.66];
- la protección primaria no está instalada de conformidad con [b-UIT-T K.66] cuando así lo exige una evaluación de riesgos;
- existen dificultades para instalar MSPD.

En ese caso, el operador de red puede verse en la obligación de solicitar requisitos de inmunidad especiales. En la cláusula II.6 figuran algunas orientaciones y posibles niveles de prueba.

La cláusula informativa II.6 contiene tanto descripciones de pruebas como requisitos de inmunidad especiales. Se propone que los requisitos de prueba que se describen en la cláusula 7 se modifiquen como se indica.

## **6 Frontera de equipo**

Las variaciones de diferentes tipos de equipo hacen necesario que el equipo se considere como una "caja negra" con varios puertos, a, b, c, d, e, y f, etc., y E (tierra, *earth*). Es posible que algunos



dispositivos de protección ya existan en el equipo, sea en la tarjeta de circuito impreso, etc., o conectados a los puertos. A los efectos de las presentes pruebas, se supone que los fabricantes definen las fronteras de la "caja negra", y que todo dispositivo protector incluido se considera como una parte invariable del equipo (pequeña central en una caseta situada en la calle, multiplexor, CPE, etc.). Cuando en el equipo se utilizan componentes de protección de alta corriente, véase la cláusula 10.1.1. Cuando hay un hilo de telecomunicación auxiliar, por ejemplo hacia una extensión, o como tierra de señalización, este hilo debe verse como una continuación del número de los terminales que se someten a prueba, por ejemplo a, b, c, d, e, y f, etc., y E para tierra.

## **7 Condiciones de prueba**

### **7.1 Puertos de interfaz**

#### **7.1.1 Clasificación de los puertos**

Existen tres tipos de puertos: los puertos externos, los puertos internos y los puertos dentro del sistema.

Los puertos externos son:

- 1) de par simétrico;
- 2) de cable coaxial;
- 3) de alimentación de energía especializada;
- 4) de alimentación de energía de c.a.

Los puertos internos son:

- 1) de cables de pares simétricos no apantallados;
- 2) de cable apantallado, incluidos cables apantallados simétricos y no simétricos, y cables coaxiales;
- 3) de energía de c.c. flotante;
- 4) de energía de c.c. puesta a tierra.

Se espera de los puertos dentro del sistema de conmutación de un centro de telecomunicaciones que estén interconectados por cables cortos o apantallados (pantalla de cables o bandejas de cables, etc.) bajo el control del fabricante. Dado que estos tipos de puertos no suelen estar expuestos a sobretensiones nocivas, no se han especificado requisitos.

#### **7.1.2 Puertos de interfaz**

Los puertos pueden conectarse a distintos tipos de cable y a distintos tipos de servicio. Esto se explica en la cláusula A.2.

### **7.2 Tipos de pruebas**

Hay hasta seis tipos de prueba que se deben aplicar a los equipos, dependiendo del tipo de puerto y de la puesta a tierra del equipo:

- transversal/diferencial (conductor a conductor y par a par en el caso de la PoE);
- puerto externo puesto a tierra;
- puerto externo a puerto externo;
- puerto externo a puerto externo;
- puerto externo a puerto interno. Cabe señalar que esta prueba se realiza en el marco de la prueba de puerto externo a tierra;
- puerto interno puesto a tierra;

- puerto interno a puerto interno. Cabe señalar que esta prueba se realiza en el marco de la prueba de puerto interno a tierra.

### **7.2.1 Transversal/diferencial**

Las pruebas transversales o diferenciales se deben aplicar a todos los tipos de puertos externos del equipo. La prueba se realiza con algunos puertos no sometidos a prueba, de cada tipo de puerto, terminados.

### **7.2.2 Puerto externo a tierra**

Las pruebas de puerto externo a tierra se deben aplicar a todos los equipos con puertos externos. Esta prueba se realiza con todos los puertos no sometidos a prueba (internos y externos) terminados y a continuación se debe repetir con cada tipo de puerto interno, puesto a tierra a través de un elemento de acoplamiento, uno tras otro.

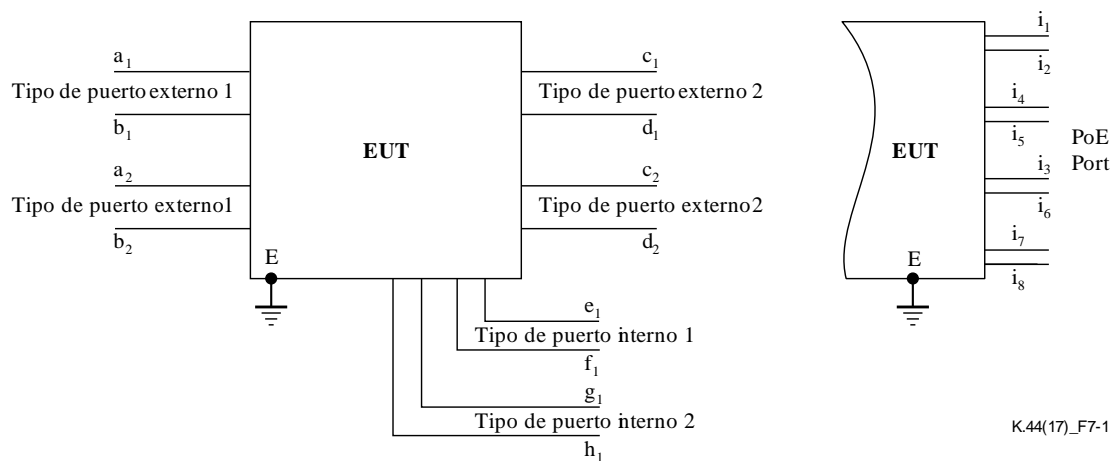
### **7.2.3 Puerto externo a puerto externo**

Las pruebas de puerto externo a puerto externo se deben aplicar a los equipos con más de un puerto externo. Cuando el equipo esté preparado para utilizarse con una conexión a tierra, la Recomendación del producto ha de especificar cuándo se debe realizar la prueba. Esta prueba se lleva a cabo con todos los puertos no sometidos a prueba (internos y externos) terminados, para cada tipo de puerto externo, incluido un puerto del mismo tipo, puesto a tierra a través de un elemento de acoplamiento, uno tras otro.

En el caso de la prueba entre puertos externos es necesario tener en cuenta lo siguiente para el segundo puerto:

- 1) otras líneas/pares del tipo de puerto sometido a prueba (por ejemplo, par 1 al par 2 del tipo de puerto 1);
- 2) líneas/pares de otros tipos de puerto (por ejemplo, par 1 del tipo de puerto 1 al par 1 del tipo de puerto 2).

En la Figura 7-1, se presenta un ejemplo de una secuencia de prueba. La cláusula A.2 contiene algunos ejemplos de los diferentes puertos y secuencias de pruebas.



Ejemplo de una secuencia de prueba

$a_1 - b_1$  (prueba transversal/diferencial)

$a_1/b_1 - E$  (prueba de puerto externo a tierra)

$a_1/b_1 - E$  con  $e_1/f_1$  acoplado a E (prueba de puerto externo a tierra con un puerto interno acoplado a tierra)

$a_1/b_1 - c_1/d_1$  con E desconectado (prueba de puerto externo a puerto externo con un puerto externo acoplado a tierra)

$e_1/f_1 - E$  (prueba de puerto interno puesto a tierra)

$e_1/f_1 - E$  (prueba de puerto interno a tierra con un puerto interno acoplado a tierra)

$i_1/i_2/i_3/i_6/i_4/i_5/i_7/i_8 - E$  (prueba de puerto PoE a tierra)

$i_1/i_2/-i_3/i_6/$  o  $i_4/i_5/ - i_7/i_8$  (prueba de par de alimentación transversal/diferencial PoE a par de alimentación)

**Figura 7-1 – Ejemplo de una secuencia de prueba**

#### 7.2.4 Puerto interno a tierra

Las pruebas de puerto interno a tierra se aplican a todos los tipos de puertos internos clasificado como puerto interno (véase la cláusula A.2.1), salvo que estén excluidos por la Recomendación del producto. Esta prueba se realiza con algunos puertos no sometidos a prueba, de cada tipo de puerto, terminados y, a continuación, con cada tipo de puerto interno acoplado a tierra, sucesivamente.

#### 7.3 Condiciones de prueba

Las condiciones siguientes se aplican a todas las pruebas especificadas en la cláusula 10.

- 1) Todas las pruebas son pruebas tipo y se efectúan en condiciones de funcionamiento normalizadas, a menos que se especifique otra cosa en la Recomendación genérica/específica.
- 2) Los puertos en los que han de aplicarse las pruebas del equipo deben ser identificados por el fabricante:
  - a y b, c y d, e y f, etc., para diferentes puertos de pares simétricos individuales;
  - $a_1$  a  $a_n$  y  $b_1$  a  $b_n$ ,  $c_1$  a  $c_m$  y  $d_1$  a  $d_m$ ,  $e_1$  a  $e_p$  y  $f_1$  a  $f_p$ , etc., para diferentes puertos de pares simétricos múltiples;
  - interior y exterior para los puertos de cable coaxial;
  - dpf1 y dpf2, etc., para los puertos de alimentación de energía especializada;
  - L1, L2, L3 y N para los puertos de alimentación de energía del sector; y
  - E se utiliza para designar el punto en el equipo conectado nominalmente a una puesta a tierra de seguridad. Cabe señalar que, en algunas configuraciones de pruebas, este punto no estará conectado a la puesta a tierra de seguridad.

Las partes etiquetadas en los esquemas de las pruebas son:

- retorno de tierra del generador/tierra se utiliza para designar el punto de referencia común conectado a una puesta a tierra de seguridad. Esta conexión a la puesta a tierra de seguridad puede realizarse, en algunos casos, por medio del generador de prueba;
- la barra de referencia del EUT se utiliza para designar una barra de continuidad eléctrica del EUT.

- 3) Las pruebas se deberán realizar con el equipo en funcionamiento, excepto durante la prueba de contacto con las líneas de energía. Si dicha prueba se efectúa sin el equipo alimentado, el resultado de la prueba no debe verse afectado. El equipo se probará en todos los estados de funcionamiento de duración significativa, véase la cláusula A.2.4. Para demostrar la conformidad, es posible que sea necesario probar el equipo con los puertos sometidos y no sometidos a prueba terminados, y con los puertos no sometidos a prueba acoplados a tierra, véanse cláusulas A.5 e I.1.5. Cabe señalar que, en el caso de las pruebas de puertos Ethernet, el equipo se somete a prueba de sobrecargas en condiciones de alimentación, pero no conectado a una LAN. Tras realizar las pruebas de sobrecarga y de resistencia de aislamiento necesarias, la calidad de funcionamiento del equipo sometido a prueba se verifica con una LAN conectada.
- 4) Las terminaciones de los puertos sometidos y no sometidos a prueba incluyen equipo auxiliar, por ejemplo, LI, LT, NT, CPE, una fuente de suministro de energía, un simulador o una terminación pasiva. Si no es necesario dejar el equipo auxiliar conectado para verificar que el EUT resistirá la tensión de prueba, ésta podrá realizarse sin dicha conexión. Cuando exista la posibilidad de que se produzcan distintas terminaciones, por ejemplo con protección primaria o sin ella, es necesario que se tengan en cuenta estas terminaciones, véase la cláusula I.1.5. Los elementos de desacoplo se utilizan para evitar que las sobrecargas dañen el equipo auxiliar o la terminación.
- 5) Es posible que se necesite probar los puertos con un número finito de puertos no sometidos a prueba del mismo y de diferentes tipos puesto a tierra para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados. Los elementos de acoplamiento se utilizan para poner a tierra el puerto apropiado como se indica en los apartados 7) y 8).
- 6) Las pruebas transversales/diferenciales se realizarán con al menos un puerto de cada tipo de puerto con terminal, excepto en el caso de los puertos internos.
- 7) Las pruebas de puerto externo a tierra se realizarán sin acoplamiento a tierra de los puertos no sometidos a prueba y además con cada tipo de puerto interno acoplado a tierra, uno tras otro.
- 8) Las pruebas de puerto externo a puerto externo se realizarán para cada tipo de puerto externo, incluido un puerto del mismo tipo, acoplado a tierra, uno tras otro.
- 9) Cada prueba realizará el número de veces indicado en la Recomendación genérica/específica correspondiente al producto. Durante las pruebas de descarga del rayo se debe invertir la polaridad entre descargas consecutivas. El intervalo de tiempo entre pruebas consecutivas en el mismo puerto debe ser de aproximadamente un minuto. Las pruebas se realizarán también con intervalos de tiempo más largos, si es necesario, para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para las descargas que se producen a intervalos superiores a un minuto. Un ejemplo es la confirmación de que el equipo pasa las pruebas cuando se aplican todas las descargas a las PTC a temperatura de funcionamiento normal.
- 10) Cuando se aplica la prueba transversal/diferencial entre dos terminales, uno de ellos se ha de conectar al generador de descargas y el otro a tierra. La prueba se repetirá con los terminales transpuestos.

- 11) Las pruebas de inducción debida a líneas de energía deben realizarse a las frecuencias del sistema de energía eléctrica o de los sistemas ferroviarios electrificados utilizadas en el país correspondiente.
  - 12) En todos los casos en que se especifique una tensión, corriente o  $I^2t$  máxima, las pruebas se harán también a valores más bajos para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para cualquier tensión, corriente o  $I^2t$ , hasta el valor máximo especificado. La confirmación de que el equipo cumple con los requisitos a tensiones inferiores a  $U_{c(max)}$  se puede realizar utilizando cualquiera de los dos métodos que se describen a continuación:
    - Mediante el conocimiento de los elementos de protección. En la cláusula I.1 figura un ejemplo de cómo realizar pruebas de rayos e inducción debida a líneas de energía en puntos de prueba específicos para garantizar que el equipo cumple con los requisitos de la Recomendación del producto. Cuando las pruebas se realicen únicamente utilizando los valores máximos, deberá indicarse la razón en el informe de prueba, por ejemplo, que el equipo no contiene protectores secundarios de tipo conmutación.
    - Utilizando los niveles de prueba establecidos descritos en [b-CEI 61643-21]. Si se emplea este método, las pruebas se realizarán al 20%, 30%, 45%, 60%, 75%, 90% y 100% de  $U_{c(max)}$ .
- Cuando las Recomendaciones particulares permitan pruebas reducidas, por ejemplo, pruebas de contacto con las líneas de energía, se realizarán tantas pruebas como sea necesario para confirmar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados.
- NOTA – Entre los componentes particulares que deben considerarse durante las pruebas figuran el protector primario, los protectores inherentes de tipo conmutación o limitación, las PTC y los fusibles. Cuando se utilicen resistencias fusibles, deberán realizarse las pruebas a diferentes niveles con el fin de garantizar que se abarca el caso más desfavorable.
- 13) Puede utilizarse un nuevo componente de protección primaria después de completar cada secuencia de pruebas.
  - 14) Cuando los componentes puedan tener variaciones significativas en las características que puedan afectar al nivel de inmunidad del equipo, por ejemplo, los PTC en los que su resistencia al frío pueda variar de, por ejemplo, 2-7  $\Omega$ , se deberán realizar pruebas en el equipo utilizando el componente del caso más desfavorable o utilizando cualquier otro método que permita alcanzar el objetivo. Un componente más desfavorable es el que hace que el equipo tenga el nivel de inmunidad más bajo.
  - 15) Las tarjetas se probarán en una o varias ranuras, según proceda, para confirmar que el equipo cumple los criterios de aceptación especificados.
  - 16) Si una tarjeta tiene dos o más puertos idénticos, sólo es necesario probar uno de ellos para las pruebas de un solo puerto.

#### **7.4 Esquemas de las pruebas**

Sírvase remitirse al Anexo A.

### **8 Coordinación de la protección**

#### **8.1 Generalidades**

Para los equipos instalados en un entorno más expuesto, se suele proteger los puertos conectados a conductores metálicos externos con protectores primarios tales como tubos de descarga de gas (GDT), protectores de estado sólido (SSA) o varistores de óxido metálico (MOV). El mejor sitio para colocar la protección primaria es el borde del edificio, la garita o la caja del equipo. Esto no siempre se puede realizar, pero debe hacerse todo lo posible para colocar la protección primaria lo más cerca que se

pueda del punto de entrada de los cables en el edificio, la garita o la caja del equipo. Las características de estos SPD primarios satisfarán los requisitos de las Recomendaciones [UIT-T K.12], [UIT-T K.28] o [CEI 61643-12].

La coordinación de la protección primaria se requiere para garantizar la compatibilidad del equipo con la protección primaria. La protección primaria de Ethernet dependiente de un transformador de aislamiento para bloquear las descargas las sobretensiones longitudinales/en modo común no desvía la corriente a tierra como los SPD. Es mejor colocar este tipo de protector de Ethernet cerca del puerto que está protegiendo.

## **8.2 Rayo**

Para que haya coordinación en lo concerniente a la protección contra las descargas del rayo, debe darse lo siguiente:

- La protección inherente dentro del equipo debe dar protección hasta la tensión a la que funciona la protección primaria acordada para tensiones de generador inferiores a la  $U_{c(máx)}$  especificada en la Recomendación genérica/específica.
- Entre esta tensión y una tensión de generador de  $U_{c(máx)}$ , la protección primaria debe funcionar y proteger el equipo.
- El equipo debe cumplir con el criterio especificado en la Recomendación genérica/específica.
- En las pruebas de coordinación en caso de descargas del rayo se utiliza un protector de prueba especial (véase la cláusula 8.4), en lugar del protector primario, para permitir recurrir a un factor de seguridad durante las pruebas. Este factor de seguridad incluye: la tensión máxima del protector primario, las tolerancias de los componentes del equipo, el número de muestras de prueba y el efecto de impulsos múltiples. A una tensión del generador equivalente a la  $U_{c(máx)}$  de la Recomendación genérica/específica, se debe activar el protector de prueba especial. Por supuesto, el protector de prueba especial también podrá activarse con valores inferiores a  $U_{c(máx)}$ .
- La protección primaria de Ethernet dependiente de un transformador de aislamiento para bloquear las sobretensiones longitudinales/en modo común deberían tener una tensión nominal de choque superior a las máximas tensiones de descarga previstas. Dicho arreglo de protección no tiene necesariamente una resistencia a la tensión de choque equivalente a la suma de las resistencias del puerto y del protector, como se explica en la cláusula II.8.5.

### **8.2.1 SPD primarios de tipo conmutación**

Con un SPD de tipo conmutación, hay coordinación cuando se activa el protector de prueba especial (véase la cláusula 8.4.1) con una  $U_c$  por debajo del nivel máximo especificado en la Recomendación genérica/específica pertinente, para el caso de la prueba con una protección primaria acordada, y el equipo cumple con los criterios específicos de esa Recomendación.

### **8.2.2 SPD primarios de tipo fijador de nivel**

Hay coordinación con un SPD de tipo fijador de nivel cuando el equipo cumple con los criterios indicados en la Recomendación específica en el caso de prueba con el protector de prueba especial (véase la cláusula 8.4.2) y la prueba se efectúa a la máxima tensión y corriente de la prueba de coordinación, es decir, cuando el SPD primario conduce la máxima corriente.

## **8.3 Inducción debida a líneas de energía, elevación del potencial de tierra y contacto con las líneas de energía**

La protección contra la inducción debida a las líneas de energía y la EPR como consecuencia de un fallo de línea de energía puesta a tierra, se logra mediante la protección inherente o una combinación de la protección inherente y la protección primaria acordada.

La protección contra el contacto con las líneas de energía debe lograrse mediante la protección inherente salvo que el equipo esté diseñado para ser utilizado siempre con protección primaria. En ese caso, la protección se logra mediante una combinación de la protección inherente y la protección primaria acordada.

La impedancia de entrada con respecto a tierra de las entradas a y b de algunos equipos puede ser baja cuando se activa la protección inherente contra las sobretensiones. En este caso, la tensión en la impedancia con respecto a tierra causada por la corriente que circula durante la inducción debida a las líneas de energía o la EPR, puede ser demasiado baja para activar la protección primaria. Si ésta no es activada, el calentamiento interno puede dañar el equipo.

Las pruebas deben realizarse a niveles de c.a. que den como resultado que los voltajes de los protectores contra sobretensiones se sitúen justo por debajo de su umbral de tensión límite. Estas condiciones en los protectores primarios y secundarios deben maximizar la disipación de energía del equipo y el aumento de temperatura.

#### **8.4 Protector de prueba especial**

El protector de prueba especial tendrá un comportamiento similar al del protector primario acordado.

##### **8.4.1 Protector de tipo conmutación**

La tensión de funcionamiento de c.c. del protector de prueba especial será igual a 1,15 veces la tensión de funcionamiento de c.c. máxima especificada, conforme al valor de la prueba de duración, del protector primario acordado. La tolerancia de esta tensión de actuación es de  $\pm 5\%$ . Debe también tener una relación similar del impulso a la tensión de funcionamiento de c.c. del protector primario acordado. El fabricante puede utilizar un protector de prueba especial con una tensión de funcionamiento superior.

##### **8.4.2 Protector de tipo fijador de nivel**

La tensión de fijación de nivel del protector de prueba especial será igual a 1,15 veces la tensión de fijación máxima especificada del protector primario acordado. La tolerancia de esta tensión de fijación es de  $\pm 5\%$ . El fabricante puede utilizar un protector de prueba especial con una tensión de funcionamiento superior.

##### **8.4.3 Módulos multietapas**

Cuando la protección primaria es un módulo multietapas, hay que reemplazar la protección primaria por un módulo de prueba especial que utiliza componentes conformes a las cláusulas 8.4.1 y 8.4.2.

#### **8.5 Selección del protector primario acordado**

Las empresas que realizan pruebas y los laboratorios necesitan conocer las características del protector primario "acordado" para el equipo que se está sometiendo a prueba, para poder seleccionar el protector de prueba especial. En [UIT-T K.12] figura información sobre la manera de seleccionar el protector primario "acordado" para los GDT.

### **9 Criterios de aceptación**

Se reconocen dos criterios de aceptación:

- Criterio A – El equipo resistirá a la prueba sin daños y funcionará dentro de los límites de rendimiento especificados por el fabricante después de la prueba sin que el operador o el usuario tenga que repotenciar el equipo, restablecer el software o hardware, o retirar las tarjetas de circuito impreso. La prueba no afectará al funcionamiento continuo de otras partes de hardware y software del equipo, pero se permitirá una degradación temporal del rendimiento. Sin embargo, los usuarios pueden necesitar reiniciar un servicio, por ejemplo, rehacer una llamada o reiniciar una descarga. Debe garantizarse que todos los componentes

del equipo (puertos, unidad de procesador, pantalla, WLAN, etc.) sigan funcionando sin restricciones después de la sobretensión.

El funcionamiento de la protección contra sobrecorrientes puede inhabilitar temporalmente el funcionamiento de algunos puertos. Es posible que el servicio no esté disponible inmediatamente después de que se restablezca la protección, por ejemplo, puede ser necesaria una nueva capacitación. Se espera que todos los puertos sean capaces de funcionar normalmente en pocos minutos.

Si la prueba de contacto con la línea de energía se realiza sin que el equipo esté alimentado, no debe afectar el resultado de la prueba. Después de la prueba, el sistema deberá funcionar dentro de los límites de calidad de funcionamiento especificados.

- Criterio B – Las pruebas no deberán entrañar un riesgo de incendio, en particular:
  - si se produce una llama, no deberá propagarse más allá del equipo; y
  - el equipo no deberá emitir materiales calientes, por ejemplo, metales fundidos.

Todo daño, si se produce, estará limitado a una pequeña parte del equipo.

Se puede utilizar un indicador de gasa. En ese caso, en la prueba no se deberá dañar la integridad estructural de la gasa por ignición, carbonización o expulsión forzada de fragmentos o materiales fundidos en ella.

## 10 Pruebas

En el Anexo A figuran los generadores de prueba, los circuitos de prueba, los elementos de acoplamiento y desacoplamiento, así como las terminaciones de puerto.

En el Apéndice I se exponen algunas consideraciones que justifican las propuestas de prueba. La respuesta del equipo a las descargas puede ser modificada por la impedancia de entrada del mismo. Para explicar este efecto, se incluye en el Apéndice I un ejemplo de circuito y niveles de tensión instantánea en diferentes puntos del circuito para mostrar el efecto de la impedancia de entrada. Estos valores se incluyen únicamente a efectos de ilustración y no forman parte de esta Recomendación.

Se consideran los tipos de puerto indicados en el Cuadro 1. Los circuitos de telecomunicaciones de alimentación a distancia comparten el mismo puerto que el puerto de señal.

Dependiendo del equipo, el puerto PoE suministra energía o recibe energía. La base T 10/100 puede utilizar los pares de reserva o los pares de señales.

**Cuadro 1 – Tipos de puerto**

Tipo de puerto		Tipo de prueba	Ejemplo
Externo	Par simétrico	Rayo	Interfaz de cliente analógica
		Inducción debida a las líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Interfaz RDSI a velocidad básica Circuitos de alimentación de energía a distancia
		Contacto con líneas de energía	Interfaz xDSL
	Cable coaxial	Rayo	Interfaz RDSI a velocidad primaria
		Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	Circuitos de alimentación de energía a distancia
	Alimentación de energía especializada (c.a., c.c.)	Rayo	Interfaz alimentación de energía unidad/terminación de red óptica



**Cuadro 1 – Tipos de puerto**

Tipo de puerto		Tipo de prueba	Ejemplo
		Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra	
	Alimentación de energía c.a.	Rayo	Alimentación de energía de c.a.
		Elevación del potencial de tierra y elevación del potencial del neutro	
Interno	Cable sin apantallar	Rayo	
	Cable apantallado (incluye cable coaxial)	Rayo	
	Interfaz de energía de c.c.	Rayo	

Los pares de puertos Ethernet tienen componentes comunes en la red de terminación "Smith" y funcionalidad adaptiva en función de la velocidad de datos LAN. Los puertos Ethernet se someten a prueba aplicando sobrecargas simultáneamente a todos los pares. Los puertos PoE son un caso especial y se someten a una prueba transversal/diferencial única en la que la sobrecarga se aplica a los pares de alimentación y retorno.

En el Cuadro 2 figura un resumen de las pruebas aplicables. Los números que figuran en las columnas "Tipo de puerto", por ejemplo 10.1.2, se refieren al número del punto pertinente de esta Recomendación que aborda esta prueba. Las letras "n.a." significan que la prueba no es aplicable. Las palabras "en estudio" significan que el UIT-T está todavía estudiando la prueba.

Las expresiones "transversal/diferencial", "puerto a tierra" o "puerto a puerto externo" se refieren a la manera en que se aplica la descarga, ya sea de manera transversal/diferencial (es decir, línea a línea, línea a pantalla, o en modo diferencial), puerto a tierra (línea a tierra o en modo común) o puerto a puerto externo (puerto a puerto con la referencia de tierra flotante).

Los términos "uno" y "varios" se refieren al número de pares sometidos a prueba. En el caso de una prueba realizada en un puerto externo o interno con un único par (puerto de par único), la prueba de descarga se aplica en ese par (sírvase remitirse a la Figura A.2-6).

Si hay diferentes puertos externos del mismo tipo, la prueba de descarga (rayo únicamente) se repite simultáneamente en el número especificado de pares de dicho tipo de puerto (véase la Figura A.2-6).

Si la prueba se realiza en un puerto externo con pares múltiples (puerto de pares múltiples), la prueba de descarga se aplica en cada par al igual que las pruebas que se realizan en puertos de un solo par (véase la Figura A.2-7).

A continuación, la prueba de descarga (rayo únicamente) se repite simultáneamente en el número especificado de pares de dicho puerto (véase la Figura A.2-7).

En las pruebas realizadas en un producto con puertos externos que consisten en diferentes tipos de interfaz, cada uno conectado a un solo par o a pares múltiples, la prueba de descarga se realiza en cada par como en el caso de las pruebas realizadas en puertos de un solo par (véase la Figura A.2-8).

La prueba de descarga (rayo únicamente) se repite simultáneamente en el número especificado de pares (véase la Figura A.2-8).

En las pruebas de descarga realizadas en un puerto interno de un solo par o de pares múltiples, la prueba de descarga (rayo únicamente) se realiza simultáneamente en todos los pares de dicho puerto (véase la Figura A.2-9).

En la cláusula A.2 figura más información y ejemplos al respecto.

**Cuadro 2a – Pruebas aplicables a los puertos externos**

Tipo de prueba	Número de pares probados simultáneamente	Modo de prueba	Protección primaria	Tipo de puerto			
				Puerto simétrico	Puerto coaxial	Puerto de alimentación de energía especializada	Puerto de alimentación del sector
Tensión inducida por el rayo	Uno	Transversal/diferencial	No	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1
		Puerto a tierra	No	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Puerto a puerto externo	No	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Transversal/diferencial	Sí	10.1.1.1	10.2.1	10.3.1	10.4.1
		Puerto a tierra	Sí	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.1.1	n.a.	10.3.1	10.4.1
	Varios	Puerto a tierra	No	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Puerto a puerto externo	No	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Puerto a tierra	Sí	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
Corriente inducida por el rayo	Uno	Transversal/diferencial	No	n.a.	10.2.2	n.a.	n.a.
		Puerto a tierra	No	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.
		Puerto a puerto externo	No	10.1.2	n.a.	10.3.2	n.a.
		Transversal/diferencial	Sí	n.a.	10.2.2	n.a.	n.a.
		Puerto a tierra/pantalla	Sí	n.a.	10.2.3	n.a.	n.a.
		Puerto a puerto externo/pantalla	Sí	n.a.	10.2.3	n.a.	n.a.
	Varios	Puerto puesto a tierra	No	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.
		Puerto a puerto externo	No	10.1.2	n.a.	n.a.	n.a.

**Cuadro 2a – Pruebas aplicables a los puertos externos**

Tipo de prueba	Número de pares probados simultáneamente	Modo de prueba	Protección primaria	Tipo de puerto			
				Puerto simétrico	Puerto coaxial	Puerto de alimentación de energía especializada	Puerto de alimentación del sector
Inducción debida a líneas de energía y/o elevación del potencial de tierra	Uno	Transversal/diferencial	No	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n.a.
		Puerto a tierra	No	10.1.3	n.a.	10.3.3	10.4.2 En estudio
		Puerto a puerto externo	No	10.1.3	n.a.	10.3.3	10.4.2 En estudio
Inducción debida a líneas de energía y/o elevación del potencial de tierra	Uno	Transversal/diferencial	Sí	10.1.3	10.2.4	10.3.3	n.a.
		Puerto a tierra	Sí	10.1.3	n.a.	10.3.3	En estudio
		Puerto a puerto externo	Sí	10.1.3	n.a.	10.3.3	En estudio
Elevación del potencial del neutro	Uno	Puerto puesto a tierra	No	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.3
		Puerto a puerto externo	No	n.a.	n.a.	n.a.	10.4.3
Contacto con líneas de energía	Uno	Transversal/diferencial	No	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.
		Puerto a tierra	No	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.
		Puerto a puerto externo	No	10.1.4	n.a.	10.3.4	n.a.

**Cuadro 2b – Pruebas aplicables a los puertos internos**

Tipo de prueba	Protección primaria	Tipo de puerto			
		Cable sin apantallar	Cable apantallado	Interfaz de energía de c.c. flotante	Interfaz de energía de c.c. puesta a tierra
Tensión inducida por el rayo	No	10.5.1	10.5.2	10.5.3	10.5.4

## **10.1 Puerto de par simétrico externo**

### **10.1.1 Tensión inducida por el rayo**

Para los equipos con componentes de protección de altas corrientes, que elimina la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y substituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

#### **10.1.1.1 Un solo par**

En la prueba referente al rayo en un solo puerto se comprueba que cada puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a la sobretensión. Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, puerto a tierra y puerto a puerto externo. Los puertos PoE, que combinan señal y potencia, tienen la prueba transversal/diferencial aplicada a los pares de alimentación y retorno.

#### **10.1.1.2 Múltiples pares/puertos**

En la prueba de descargas ocasionadas por el rayo en múltiples pares/puertos se comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad cuando se produce una descarga con sobretensión en  $n$  pares o puertos simultáneamente, pudiendo originarse un flujo de alta corriente en un componente común o en una parte del equipo.

El número o porcentaje de pares o puertos que deben probarse simultáneamente se especifica en la Recomendación genérica/específica.

Se realizarán pruebas tanto de puerto a tierra como de puerto a puerto externo.

Debe prestarse atención en el caso de que el equipo no tenga SPD puestos a tierra. No debería permitirse que la tensión en la entrada del equipo superara la prueba de puerto único  $U_{c(max)}$ .

### **10.1.2 Corriente inducida por el rayo**

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay componentes de protección de alta corriente instalados en el equipo para eliminar la necesidad de protección primaria. Esta prueba comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente debe especificarse en la Recomendación genérica/específica.

Cuando se aplica la prueba a múltiples hilos se debe tener la precaución de asegurar que la corriente se divida equitativamente entre los hilos. En particular, se debe tener precaución de asegurar que el funcionamiento de uno o más protectores no impide el funcionamiento de otros.

Se realizarán pruebas tanto de puerto a tierra como de puerto a puerto externo.

### **10.1.3 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra**

Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo.

Si el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y substituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.

- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

#### **10.1.4 Pruebas relativas al contacto con líneas de energía**

Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo. Si el equipo tiene componentes de protección con capacidad de alta corriente, que evitan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- La prueba se realiza con la protección suministrada por el fabricante. Se debe asegurar que la protección se activa durante la prueba. Es posible que sea necesario elegir una línea con un protector que tenga una tensión de activación baja. No es necesario confirmar el funcionamiento del protector si se aplica uno o más de los casos siguientes:
  - El fabricante del equipo, durante la etapa de diseño, escogió la tensión de activación del protector de modo que éste no funcione en caso de contacto con las líneas de energía.
  - La impedancia de entrada del equipo impide que la tensión provocada por el contacto con las líneas de energía, en la entrada del equipo, rebase la tensión mínima de activación específica del tipo de protector.
- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6 (frontera de equipo) y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial (véase la cláusula 8.4), y se repiten las pruebas.

Si este componente no es amovible, el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para demostrar que las pruebas se repitieron utilizando un protector con una tensión de activación igual a la tensión de activación en c.c. mínima especificada durante las pruebas de diseño.

### **10.2 Puerto coaxial externo**

#### **10.2.1 Tensión inducida por el rayo**

La prueba de tensión de la descarga del rayo se aplica en modo diferencial.

Para los equipos con componentes de protección de altas corrientes, que elimina la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

En la prueba referente al rayo se comprueba que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a la sobretensión. Las pruebas se aplican al conductor interno. El equipo se somete a prueba tal y como está instalado en el terreno, por ejemplo, si los componentes suelen estar conectados entre el puerto y el protector contra sobrecargas, esos componentes deberían colocarse de la misma manera durante la prueba de descarga.

#### **10.2.2 Diferencial de corriente inducida por el rayo**

La prueba de corriente inducida por el rayo se aplica en modo diferencial.

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay en el equipo componentes de protección de alta corriente para eliminar la necesidad de protección primaria. Se comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en

el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente se especifica en la Recomendación genérica/específica.

### **10.2.3 Prueba de apantallamiento contra corrientes inducidas por el rayo**

La prueba de corriente inducida por el rayo se aplica a la pantalla.

La prueba de sobrecorriente comprueba que la conexión de la pantalla al marco/toma de tierra del equipo es adecuado para conducir los elevados niveles de sobrecarga que pueden alcanzarse en el terreno. La prueba de sobrecorriente se especifica en la Recomendación genérica/específica.

Se realizarán pruebas tanto de puerto a tierra como de puerto a puerto externo.

### **10.2.4 Elevación del potencial de tierra**

La prueba de elevación del potencial de tierra se aplica en modo diferencial.

Si el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

## **10.3 Puertos externos de alimentación de energía especializados c.c. y c.a.**

### **10.3.1 Tensión inducida por el rayo**

La prueba referente al rayo sirve para comprobar que cada puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a la sobretensión. Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo.

Para los equipos con componentes de protección de altas corrientes, que elimina la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y substituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

### **10.3.2 Corriente inducida por el rayo**

La prueba de sobrecorriente comprueba que el equipo tiene el nivel necesario de inmunidad inherente cuando hay componentes de protección de alta corriente instalados en el equipo para eliminar la necesidad de protección primaria. Esta prueba comprueba la coordinación de los protectores de alta corriente, integrados en el equipo, con los conectores y circuitos impresos, etc. La prueba de sobrecorriente se especifica en la Recomendación genérica/específica. Se realizarán pruebas tanto de puerto a tierra como de puerto a puertos externos.

### **10.3.3 Inducción debida a líneas de energía y elevación del potencial de tierra**

Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo.

Si el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6, y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial para las pruebas relativas a la protección inherente y a la coordinación de la protección, véase la cláusula 8.4.
- Si este componente no es amovible, todas las pruebas se realizan con la protección suministrada y el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para mostrar que las pruebas relativas a la coordinación de la protección y a la protección inherente se realizaron con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.

#### **10.3.4 Contacto con líneas de alimentación de energía**

Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo. Si el equipo tiene componentes de protección con capacidad de alta corriente, que evitan la necesidad de protección primaria, se aplica lo siguiente:

- La prueba se realiza con la protección suministrada por el fabricante. Se debe asegurar que la protección se activa durante la prueba. Es posible que sea necesario elegir una línea con un protector que tenga una tensión de activación baja. No es necesario confirmar el funcionamiento del protector si se aplica uno o más de los casos siguientes:
  - El fabricante del equipo, durante la etapa de diseño, escogió la tensión de activación del protector de modo que éste no funcione en caso de contacto con las líneas de energía.
  - La impedancia de entrada del equipo impide que la tensión provocada por el contacto con las líneas de energía, en la entrada del equipo, rebase la tensión mínima de activación específica del tipo de protector.
- Si este componente es amovible, procede aplicar una excepción a la cláusula 6 (frontera de equipo) y se retirará y sustituirá por el protector de prueba especial (véase la cláusula 8.4), y se repiten las pruebas.

Si este componente no es amovible, el fabricante debe proporcionar un informe de prueba para demostrar que las pruebas se repitieron utilizando un protector con una tensión de activación igual a la tensión de activación en c.c. mínima especificada durante las pruebas de diseño.

### **10.4 Puerto externo de alimentación c.a.**

#### **10.4.1 Tensión inducida por el rayo**

Se realizarán pruebas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo.

Se conocen tres tipos de SPD de protector primario que pueden utilizarse en las líneas de energía eléctrica y que son:

- 1) tipo fijador de nivel (MOV);
- 2) conmutación (descargador);
- 3) combinación de ambos.

Debido a las distintas características de estos SPD es posible que el fabricante tenga necesidad de verificar que este equipo puede coordinarse con los tres tipos.

#### **10.4.2 Elevación del potencial de tierra**

El UIT-T está estudiando la necesidad de una prueba destinada a comprobar la inmunidad del equipo con relación a la elevación del potencial de tierra que puede ocurrir cuando se produce un fallo por puesta a tierra accidental de alta tensión (HV, *high voltage*) en la subestación que proporciona energía al equipo.



### **10.4.3 Elevación del potencial del neutro**

Esta prueba se aplica únicamente a petición de la entidad operadora de la red cuando el neutro no está conectado a la tierra de protección (es decir, un sistema de alimentación TT o IT). Un ejemplo de dicha configuración se describe en la cláusula II.5.

## **10.5 Puertos internos**

### **10.5.1 Cable sin apantallar**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba de puerto a tierra.

### **10.5.2 Cable apantallado**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba de puerto a tierra.

### **10.5.3 Interfaz de energía de c.c. flotante**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba de puerto a tierra.

### **10.5.4 Interfaz de energía de c.c. puesta a tierra**

La prueba de tensión de la descarga del rayo consiste en verificar que el puerto del equipo tiene el nivel necesario de inmunidad a las sobretensiones. Únicamente se realiza una prueba de puerto a tierra.

## Anexo A

### Esquemas de las pruebas

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

#### A.1 Introducción

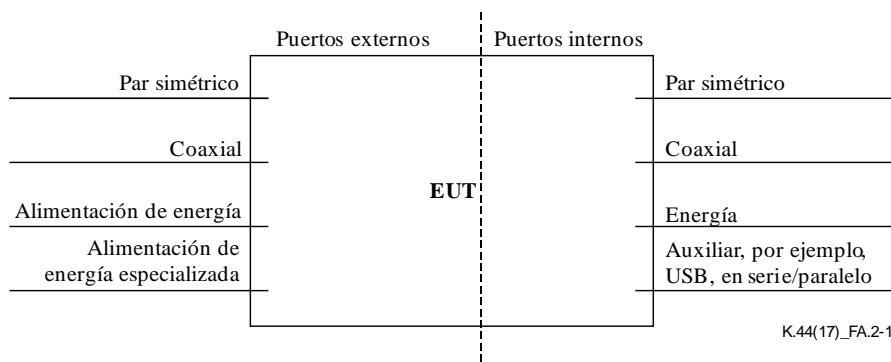
Es necesario que el equipo se pruebe en todos los estados y condiciones posibles. Eso significa que es posible que la prueba especificada en cada línea del cuadro de pruebas tenga que realizarse varias veces.

Para garantizar la homogeneidad de las pruebas efectuadas por las empresas que realizan pruebas y los fabricantes, es necesario garantizar que dichas pruebas se llevan a cabo de la misma manera. A continuación se presentan los circuitos de los generadores, los circuitos de acoplamiento, desacoplamiento y alimentación, la terminación de los puertos no sometidos a prueba y la conexión con el equipo sometido a prueba (EUT, *equipment under test*).

#### A.2 Equipos

##### A.2.1 Puertos de equipo

La expresión "puerto múltiple" se emplea para describir los equipos que cuentan con más de un tipo de puerto, por ejemplo, un puerto de alimentación del sector y un puerto de par simétrico externo. En la Figura A.2-1 se indican los posibles puertos de un equipo con puertos múltiples.

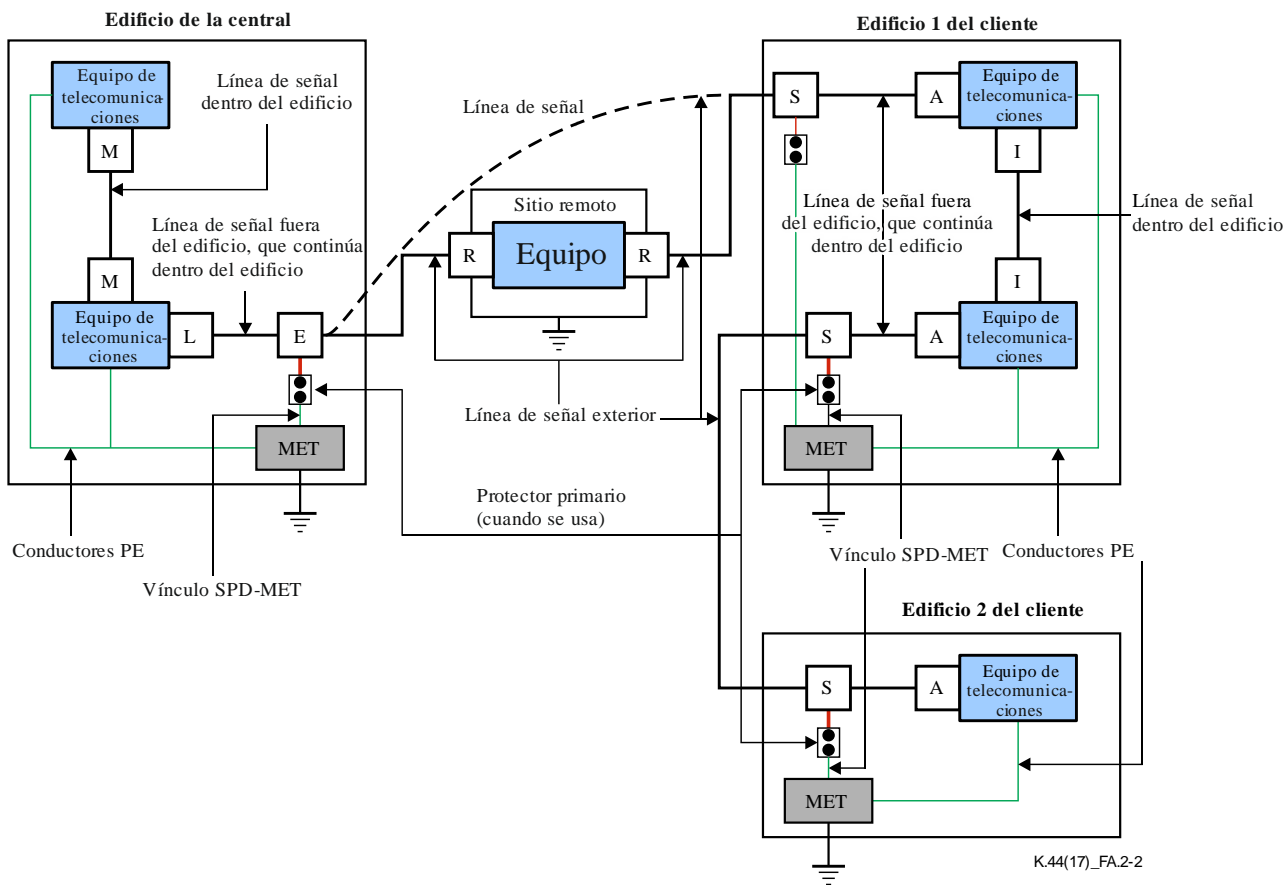


NOTA 1 – No es necesario probar todos los puertos, pero éstos pueden tener que estar provistos de una terminación.

NOTA 2 – En esta figura, los "puertos externos" son los puertos conectados a los cables que salen del edificio, y los "puertos internos" son los puertos conectados a los cables que permanecen dentro del edificio.

**Figura A.2-1 – Puertos de equipo**

En la Figura A.2-2 se muestra la clasificación de puertos de equipo.



**Figura A.2-2 – Clasificación de puertos externos e internos**

En el Cuadro A.2-1 figura una descripción de los nodos.

**Cuadro A.2-1 – Descripción de nodos**

Nodo	Descripción
L	Transición entre la interfaz del equipo dentro del edificio de la central y el cableado externo.
E	Entrada al edificio de la central, por ejemplo, MDF.
R	Transición entre línea y equipo dentro de un sitio remoto.
S	Punto de terminación de cable externo.
A	Transición entre la interfaz del equipo dentro del edificio del cliente y el cableado externo.
M	Transición entre la interfaz del equipo dentro del edificio de la central y el cableado interno.
I	Transición entre la interfaz del equipo dentro del edificio del cliente y el cableado interno.

Es necesario considerar las diferencias existentes entre los puertos externos, los puertos internos y los puertos dentro del sistema.

Un puerto de equipo puede clasificarse como puerto dentro del sistema únicamente si se dan las dos condiciones siguientes:

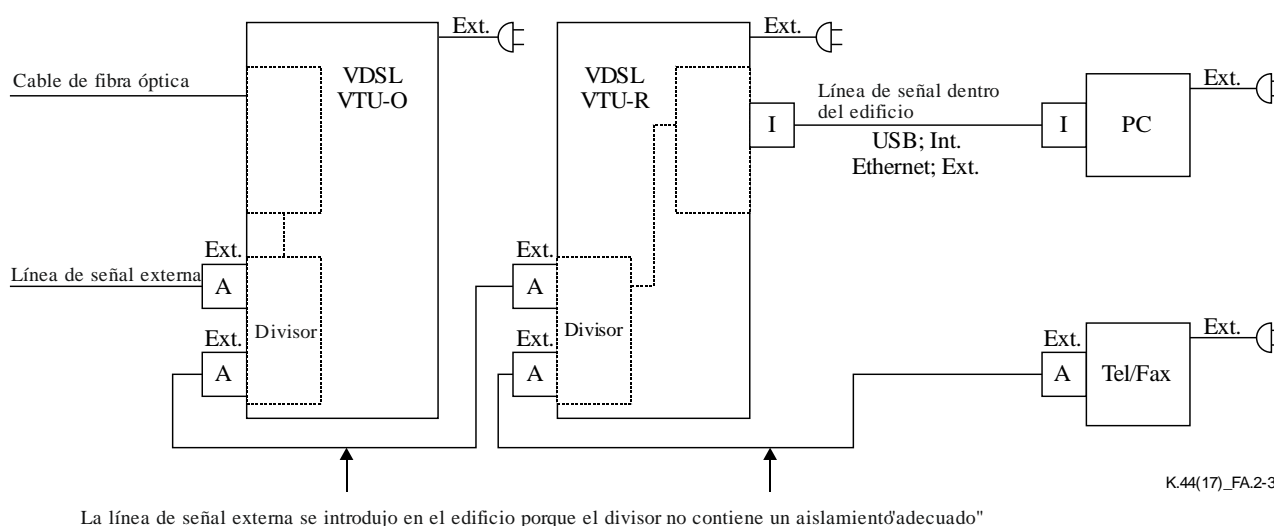
- el puerto está cableado a un puerto dentro del equipo del mismo sistema; y
- el cableado está instalado según las instrucciones del fabricante del equipo.

Un puerto de equipo puede clasificarse como un puerto interno únicamente si se dan todas las condiciones siguientes:

- está conectado únicamente a cables dentro del edificio;
- el cable está conectado a un puerto interno del equipo asociado;
- el equipo y el equipo asociado tienen la misma referencia de tierra o el equipo está flotando;
- el puerto no estará conectado a un puerto externo del equipo asociado;
- el puerto no presta un servicio que el cliente hacer extensivo a un edificio anexo (por ejemplo, un puerto POTS, Ethernet o de vídeo);
- el puerto no tendrá una conexión conductora a un cable que salga del edificio a través de otros equipos (por ejemplo, a través de un divisor).

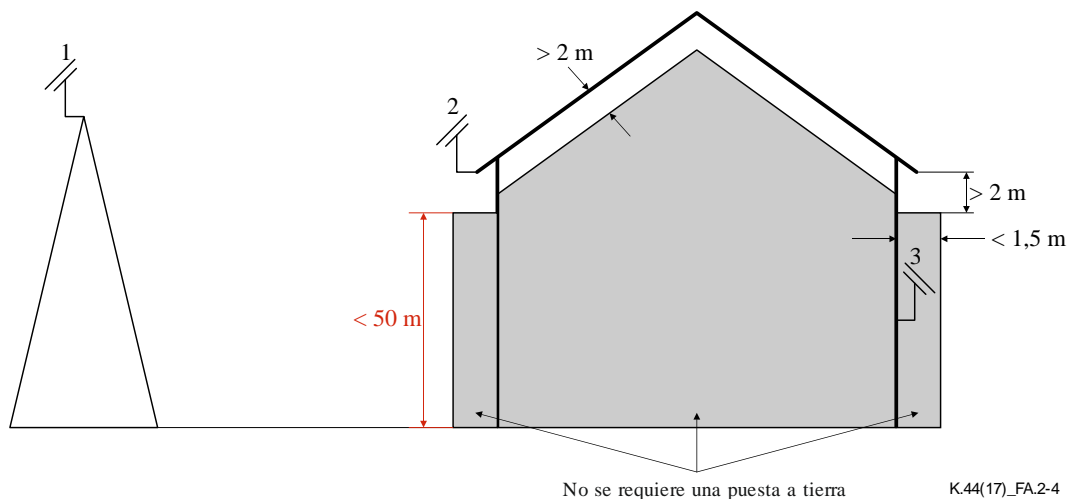
El puerto que no cumpla las condiciones de un puerto dentro del sistema o de un puerto interno será un puerto externo.

La Figura A.2-3 es un ejemplo de clasificaciones de puertos.



**Figura A.2-3 – Ejemplo de clasificaciones de puertos**

Los puertos de antena en el equipo deben clasificarse según la ubicación de la antena y el uso previsto del equipo. Cuando el equipo solo está conectado a antenas instaladas en una ubicación protegida de manera inherente, es decir, la zona sombreada en la Figura A.2-4, el puerto de antena se puede clasificar como puerto interno. La antena completa y todos los cables de antena deben caber y estar instalados en la zona protegida. Si el puerto se puede conectar a antenas instaladas en ubicaciones expuestas, por ejemplo, las posiciones de antena 1 y 2, el puerto de antena debe clasificarse como puerto externo. Si no está claro dónde puede instalarse la antena, es mejor ser prudente y clasificar el puerto de antena como puerto externo.



**Figura A.2-4 – Clasificación de puertos de antena**

Los puertos de pares simétricos pueden tener un solo par o pares múltiples. Los equipos pueden tener puertos múltiples del mismo tipo o de distinto tipo.

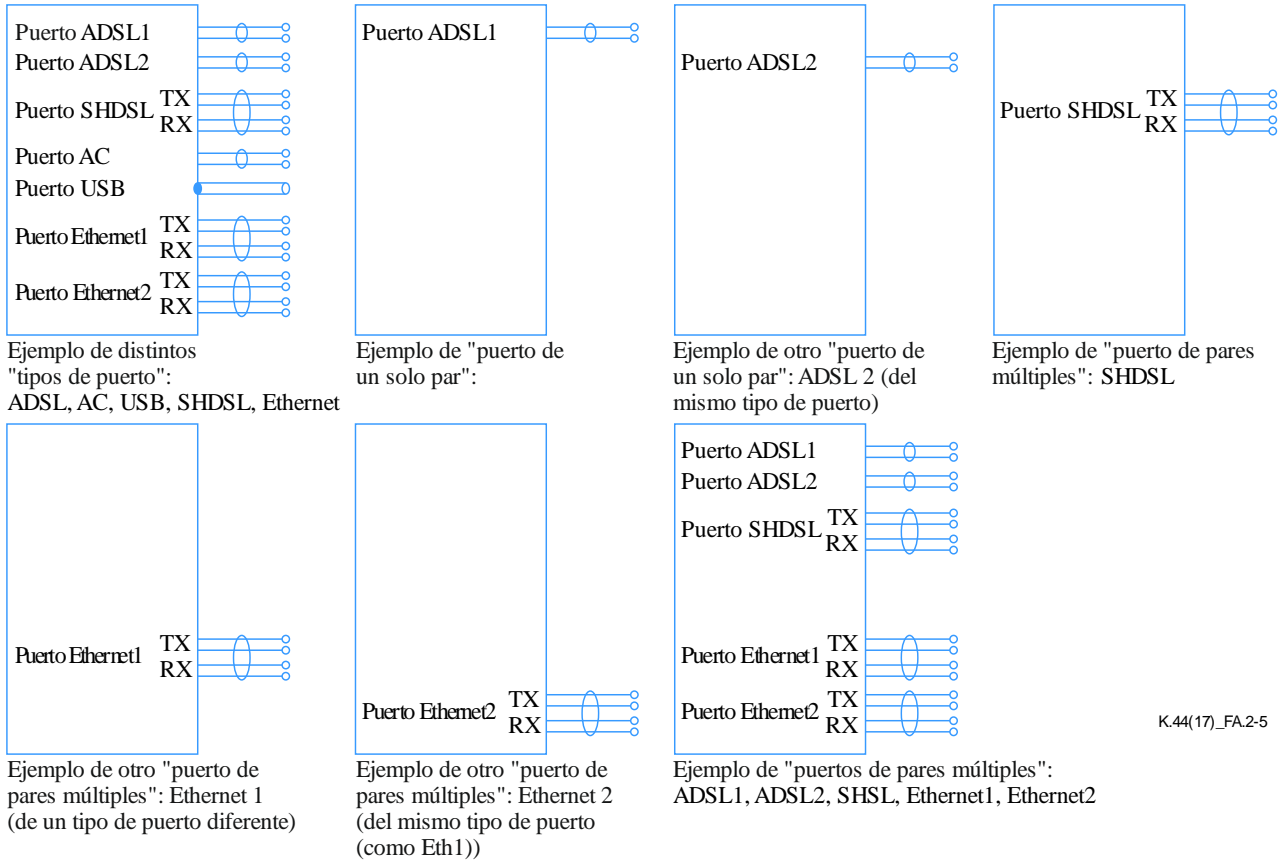
Los puertos pueden conectarse a cables de pares, cables no apantallados o cables apantallados, incluidos los cables coaxiales, y a distintos tipos de servicio, incluidos a puertos c.a., ADSL, líneas de abonado digital de alta velocidad de un solo par (SHDSL), Ethernet, etc.

En las Figuras A.2-5 a A.2-9 se muestran ejemplos de diferentes puertos.

Los tipos de puerto anteriores también tienen una estructura, a saber:

- Tipo de puerto: puerto conectado a una interfaz con una función específica. La conexión puede consistir en un par único, en pares múltiples, en uno o más cables coaxiales o apantallados, etc., por ejemplo, los puertos c.a., ADSL, SHDSL y Ethernet.
- Puerto de par único: puerto de tipo específico conectado a un único par simétrico, por ejemplo, un puerto ADSL.
- Puerto de pares múltiples: puerto de tipo específico conectado a pares múltiples, por ejemplo, SHDSL con un par TX y un par RX, puerto Gbit Ethernet con 4 pares TX/RX.
- Puertos de pares múltiples: puertos de distintos tipos en los que cada uno está conectado a un solo par o a pares múltiples, por ejemplo, varios puertos ADSL, varios puertos SHDSL.

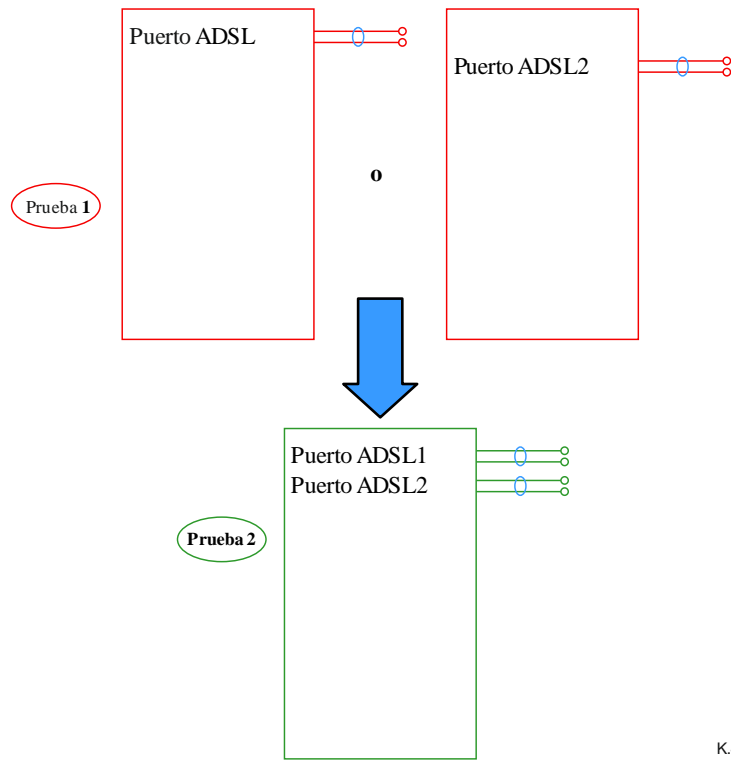
**Definiciones**



K.44(17)\_FA.2-5

**Figura A.2-5 – Ejemplos de puertos de equipo**

Para una prueba en un puerto externo o interno con un solo par (puerto de un solo par), la prueba de descarga se aplica en ese par (prueba 1)  
Si existen distintos puertos del mismo tipo, la prueba de descarga (rayo únicamente) se repite en el número especificado de pares de ese tipo de puerto simultáneamente (prueba 2)

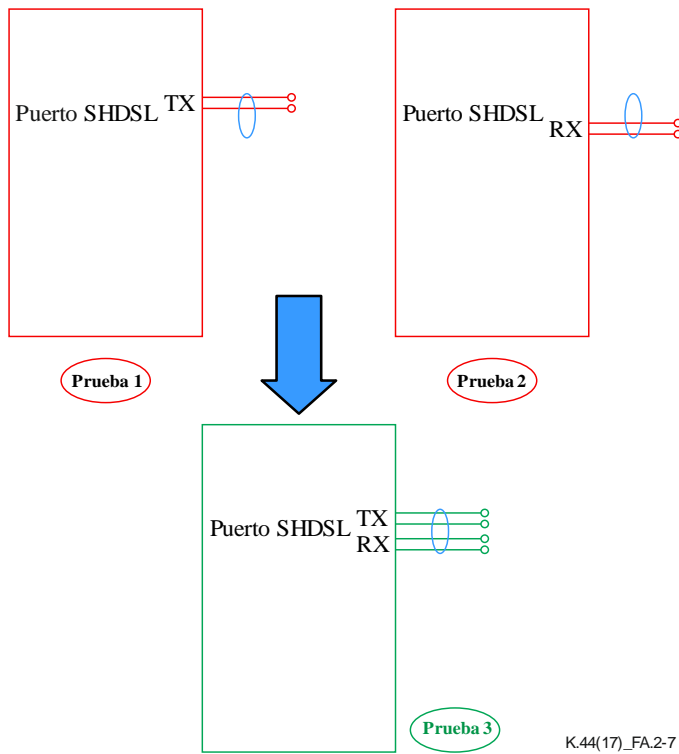


K.44(17)\_FA.2-6

NOTA 1 – Las pruebas se especifican en la cláusula 10.  
NOTA 2 – Las pruebas en esta Figura se aplican principalmente a las tarjetas de línea con un gran número de puertos ADSL.

**Figura A.2-6 – Ejemplos de puertos de equipo**

Para una prueba en un puerto EXTERNO con pares múltiples (puerto con pares múltiples), la prueba de descarga se aplica en cada par como en la prueba en un puerto de un solo par (pruebas 1 y 2). La prueba de descarga (rayo únicamente) se repiten en el número especificado de pares de dicho puerto simultáneamente (prueba 2).



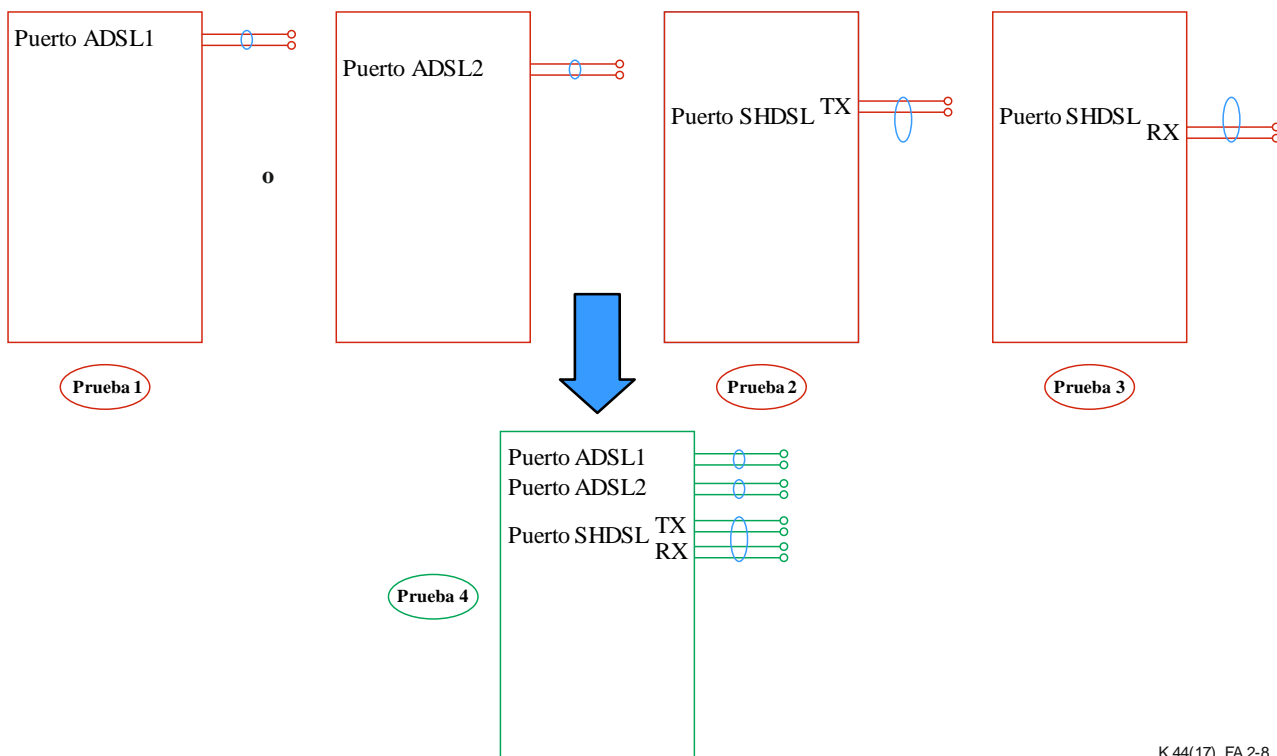
K.44(17)\_FA.2-7

NOTA – Las pruebas se especifican en la cláusula 10.

**Figura A.2-7 – Ejemplos de puertos de equipo**



Para una prueba en un producto con puertos externos que consisten en distintos tipos de puertos, cada uno conectado a un solo par o a pares múltiples, la prueba de descarga se aplica a cada par como en la prueba en un puerto de un solo par (pruebas 1, 2 y 3). La prueba de descarga (rayo únicamente) se repite en el número especificado de pares simultáneamente (prueba 4).

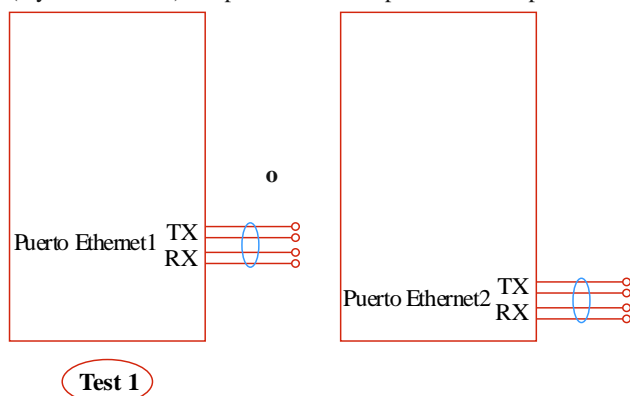


K.44(17)\_FA.2-8

NOTA – Las pruebas se especifican en la cláusula 10.

**Figura A.2-8 – Ejemplos de puertos de equipo**

Para las pruebas de descarga en puertos internos con un solo par o con pares múltiples, la prueba (rayo únicamente) se aplica a todos los pares de dicho puerto simultáneamente (prueba 1).



K.44(17)\_FA.2-9

NOTA – Las pruebas se especifican en la cláusula 10.

**Figura A.2-9 – Ejemplos de puertos de equipo**

### A.2.2 Tipo de equipo

El equipo podrá ser de dos tipos genéricos: puesto a tierra y sin conexión a tierra. Por lo general, el equipo de centro de telecomunicación será del tipo puesto a tierra. El equipo de la red de acceso y el equipo del abonado pueden ser de cualquiera de los dos tipos.

### A.2.3 Tipo de protección

La protección del equipo contra descargas de corrientes elevadas se logra mediante la instalación de protección primaria o utilizando equipo con protección integrada contra altas corrientes. Por lo

general, el equipo del centro de telecomunicación se protegerá mediante protección primaria que se instala en el MDF. El equipo de red de acceso puede protegerse empleando cualquiera de los dos métodos. El equipo del abonado normalmente estará protegido mediante la instalación de protección primaria.

### A.2.4 Condiciones y estados del equipo

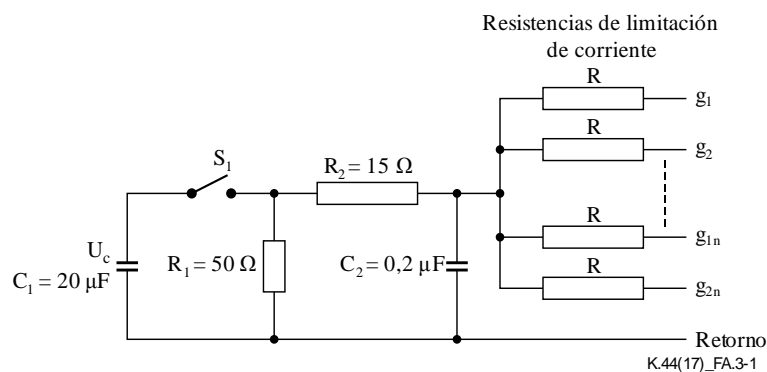
Como los componentes del equipo que se conectan al puerto del equipo que se somete a prueba, pueden variar en función del estado en que se encuentre el equipo, las pruebas deben realizarse en todos los estados de funcionamiento de duración significativa. A continuación se dan algunos ejemplos de los estados del equipo que es conveniente tener en cuenta:

- microteléfono "colgado" y "descolgado";
- alimentación de energía "conectada" y "desconectada";
- durante la señal de llamada;
- durante un ciclo de prueba de una línea, y otros.

### A.3 Generadores de prueba

En las Figuras A.3-1 a A.3-6 se presentan ejemplos de circuitos de generadores de prueba que pueden utilizarse para generar las formas de onda especificadas en la cláusula A.4. Aunque los componentes indicados deberían dar la forma de onda correcta, pueden necesitar un determinado ajuste.

Pueden utilizarse otros generadores de prueba, a condición de que den el mismo resultado.

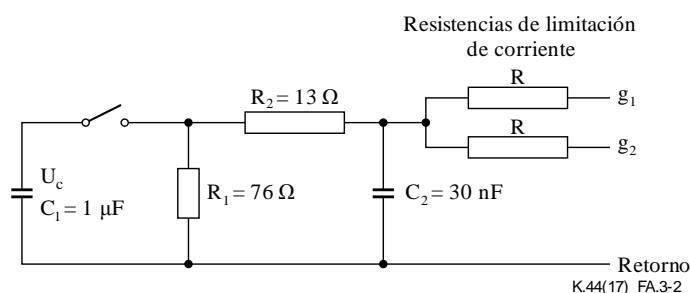


NOTA 1 – La forma de onda 10/700 de la tensión en circuito abierto presentará una duración del frente de  $10 \mu\text{s} \pm 3 \mu\text{s}$  y un tiempo de caída al valor mitad a partir de un valor virtual cero de  $700 \mu\text{s} \pm 144 \mu\text{s}$ .

NOTA 2 – La forma de onda 5/320 de corriente de cortocircuito en una salida única de  $R = 25 \Omega$  conectada al retorno de tierra del generador presentará una duración del frente de  $5 \mu\text{s} \pm 1,0 \mu\text{s}$  y un tiempo de caída al valor mitad a partir de un valor virtual cero de  $320 \mu\text{s} \pm 64 \mu\text{s}$ .

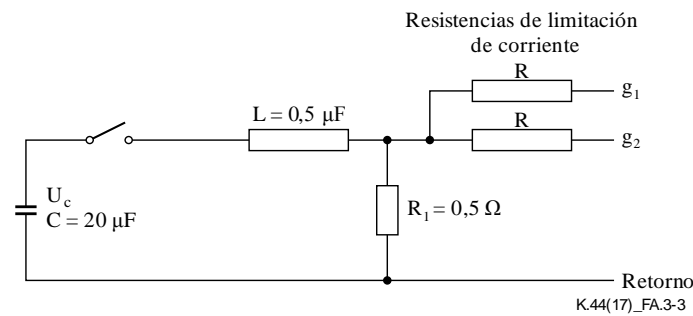
NOTA 3 – En la Figura A.3-1 todas las resistencias deberán tener una tolerancia de  $\pm 5 \%$  y todos los condensadores, una tolerancia de  $\pm 10 \%$ .

**Figura A.3-1 – Generación de descargas de tensión de 10/700  $\mu\text{s}$**



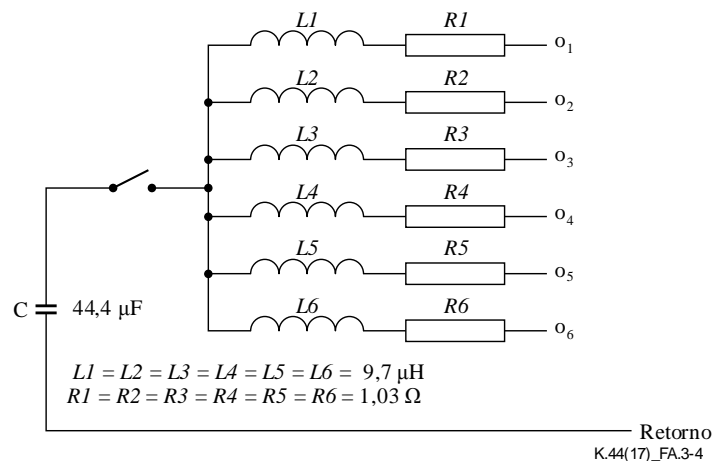
**Figura A.3-2 – Generador de descargas de tensión de 1,2/50  $\mu\text{s}$**

El generador de prueba puede ser un generador de ondas combinadas de 1,2/50-8/20 (como se indica en detalle en la Figura A.3-5) o un generador de sobretensiones de 1,2/50 equivalente.



L es una inductancia del cableado, pequeña y de carácter casi totalmente parásito, que puede tener que ajustarse para obtener el tiempo de 2 μs necesario. U<sub>c</sub> se ajusta para obtener la tensión de salida necesaria o/c.

**Figura A.3-3 – Generador de descargas de tensión de 2/10 μs**



NOTA 1 – Las salidas que no se utilicen deberán estar conectadas al terminal de retorno de tierra del generador para mantener la forma de onda de corriente de salida correcta.

NOTA 2 – La tensión de carga de 2 kV es de 1 kA en cada salida. La tensión de carga de 10 kV es de 5 kA en cada salida.

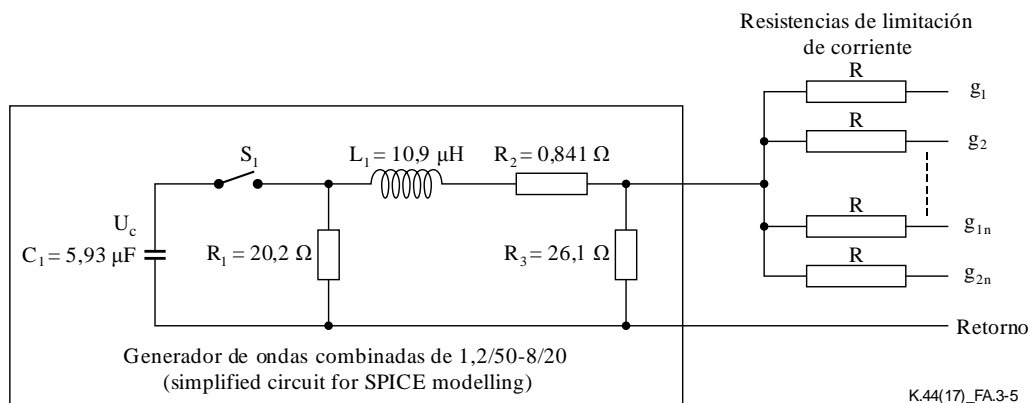
NOTA 3 – La forma de onda 8/20 de corriente de cortocircuito deberá ser conforme a [CEI 62475] con una duración del frente de 8 μs ± 20% y un tiempo de caída al valor mitad a partir de un valor virtual cero de 20 μs ± 20%. La corriente de polaridad opuesta no superará el 30% de la corriente de cresta.

NOTA 4 – La tolerancia del condensador C es de ±10 % y de ±5 % en el caso de las resistencias y los inductores. Por motivos de seguridad, se debe conectar una resistencia de purga a través del condensador de carga para asegurar que se descargue completamente a largo plazo.

**Figura A.3-4 – Generador de corriente de 8/20 μs**

Se pueden llevar a cabo arreglos equivalentes de generadores de prueba añadiendo resistencias de corriente compartida a la salida de los generadores estándar. Una vez añadidas las resistencias de corriente compartida, la corriente de salida de cortocircuito debe tener una forma de onda de 8/20 de la amplitud requerida [CEI 62475]. Debe haber suficiente tensión disponible para causar la conducción de todos los componentes de protección primaria del equipo sometidos a pruebas. Esos generadores de prueba pueden ser:

- cualquier generador de corriente de sobretensión 8/20 capaz de producir la forma de onda de corriente requerida y la tensión suficiente;
- si procede, un generador de ondas combinadas, como se indica en la Figura A.3-5, capaz de producir la forma de onda de corriente requerida y la tensión suficiente.

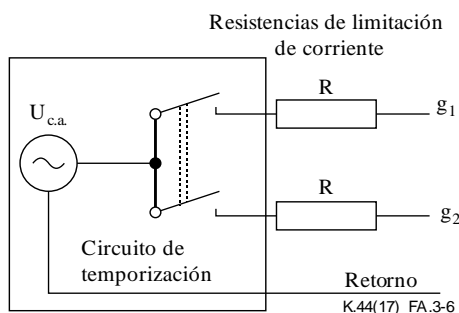


NOTA 1 – La forma de onda 1,2/50 de tensión en circuito abierto deberá ser conforme a [CEI 60060-1] y tener una duración del frente de  $1,2 \mu\text{s} \pm 30\%$  y un tiempo de caída al valor mitad a partir de un valor virtual cero de  $50 \mu\text{s} \pm 20\%$ .

NOTA 2 – La forma de onda 8/20 de corriente de cortocircuito deberá ser conforme a [CEI 62475] con una duración del frente de  $8 \mu\text{s} \pm 20\%$  y un tiempo de caída al valor mitad a partir de un valor virtual cero de  $20 \mu\text{s} \pm 20\%$ . La corriente de polaridad opuesta no superará el 30% de la corriente de cresta.

NOTA 3 – La relación entre la tensión de cresta en circuito abierto y la corriente de cortocircuito  $R_i$  deberá ser  $2 \Omega \pm 10\%$ .

**Figura A.3-5 – Generador de ondas combinadas**



Para el valor de R, refiérase al cuadro de la prueba en la Recomendación específica pertinente.

NOTA – En caso de que la reglamentación nacional lo exija, la corriente máxima puede limitarse.

**Figura A.3-6 – Generador para las pruebas de inducción debida a las líneas de energía, contacto con las líneas de energía y elevación del potencial del neutro**

#### A.4 Generación de forma de onda

Utilícese este circuito cuando se provean los valores del circuito. Cuando no se den los valores de los circuitos del generador, refiérase a la norma CEI pertinente o a [CEI 60060-1]/[CEI 62475] para obtener orientación acerca de la verificación de la forma de onda.

Deben observarse las siguientes tolerancias tanto en las pruebas de inducción debida a las líneas de energía como en las de contacto con las líneas de energía:

Tensión  $-0\%$  a  $+5\%$

Corriente  $-0\%$  a  $+5\%$

Tiempo  $-0\%$  a  $+10\%$

A continuación se describe el procedimiento para verificar las tolerancias de los parámetros anteriores correspondientes a la Figura A.3-6.

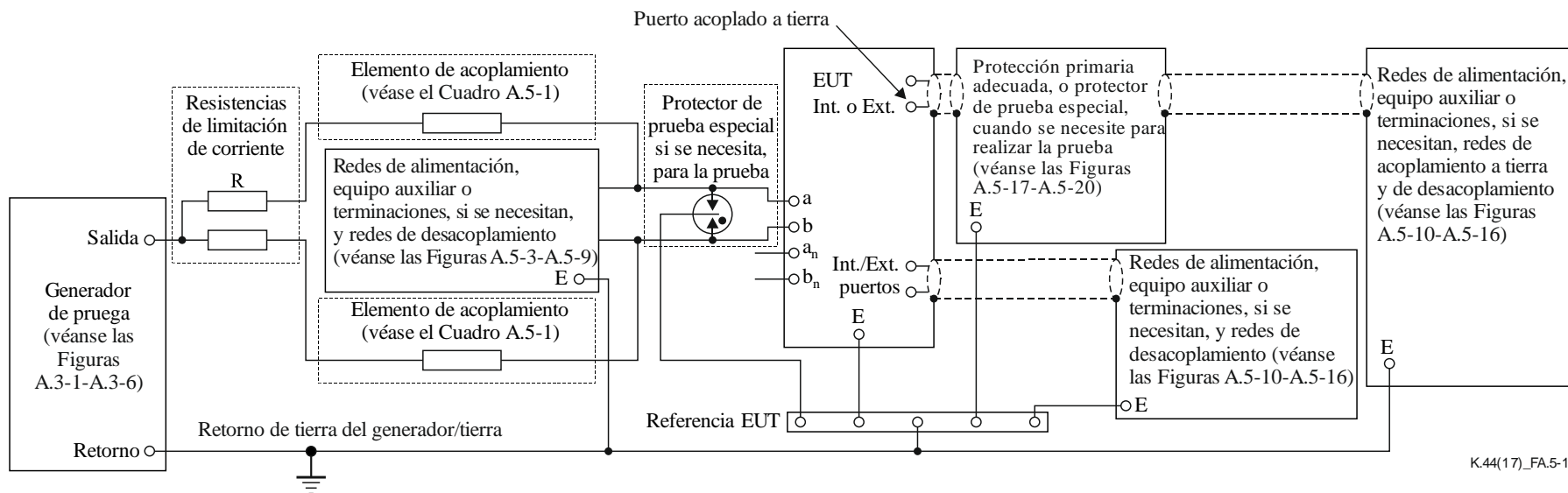
Paso 1 Con los dos terminales de salida  $g_1$  y  $g_2$  en condición de circuito abierto, comprobar que la tensión está dentro de la tolerancia permitida.

- Paso 2 Con los dos terminales de salida  $g_1$  y  $g_2$  en condición de cortocircuito, comprobar que la corriente está dentro de la tolerancia permitida.
- Paso 3 Con el terminal de salida  $g_1$  en condición de circuito abierto y con el  $g_2$  en condición de cortocircuito, comprobar que la tensión en el terminal  $g_1$  y la corriente en el circuito  $g_2$  están dentro de la tolerancia permitida.
- Paso 4 Con el terminal de salida  $g_2$  en condición de circuito abierto y con el  $g_1$  en condición de cortocircuito, comprobar que la tensión en el terminal  $g_2$  y la corriente en el circuito  $g_1$  están dentro de la tolerancia permitida.
- Paso 5 Con los dos terminales de salida  $g_1$  y  $g_2$  en condición de circuito abierto, comprobar que la longitud de la sobrecarga está dentro de la tolerancia permitida.

## **A.5 Alimentación de energía, acoplamiento, desacoplamiento y terminaciones**

### **A.5.1 General**

El generador de sobrecargas, la alimentación de energía, los elementos de acoplamiento y desacoplamiento, el EUT y las terminaciones se deben conectar como se ilustra en la Figura A.5-1.



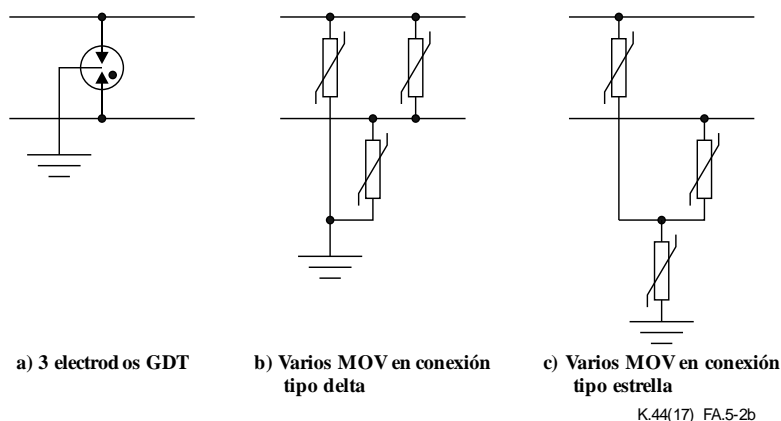
K.44(17)\_FA.5-1

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.5-1 – Diagrama de bloques de una configuración de prueba convencional**





**Figura A.5-2b – Ejemplos de conexión de elementos de acoplamiento a tierra**

Los valores recomendados de los componentes para los elementos de acoplamiento y desacoplamiento figuran en la Cuadro A.5-1. Inscríbase el método utilizado en el informe de prueba.

**Cuadro A.5-1 – Elementos de acoplamiento y desacoplamiento recomendados**

Tipo de puerto	Puertos sometidos a prueba		Puertos no sometidos a prueba		
	Elementos de acoplamiento del generador	Elemento de desacoplamiento (véase la Nota 2)	Elemento de desacoplamiento (véase la Nota 2)	Elemento de acoplamiento a tierra	Protección para puerto no sometido a prueba en EUT
Puertos de par simétrico externo	GDT o MOV (véase la Nota 1)	Véase la Figura A.5-3	Véase la Figura A.5-10	GDT; véase la Figura A.5-10	GDT; véase la Figura A.5-17
Cable coaxial externo	GDT	Véase la Figura A.5-4	Véase la Figura A.5-11	Enlace A; véase la Figura A.5-11	GDT; véase la Figura A.5-18
Puertos de cable dpf externo	MOV	Véase la Figura A.5-5	Véase la Figura A.5-12	MOV; véase la Figura A.5-12	MOV; véase la Figura A.5-19
Puertos de alimentación del sector	MOV	Véase la Figura A.5-6	Véase la Figura A.5-13	MOV; véase la Figura A.5-13	MOV; véase la Figura A.5-20
Puertos de cable interno no apantallado	GDT o MOV	Véase la Figura A.5-7	Véase la Figura A.5-14	Diodos de fijación; véase la Figura A.5-14	No se requiere
Puertos de cable interno apantallado	No se requiere; véase la Figura A.6.5-2	No se requiere	Véase la Figura A.5-15	Enlace A; véase la Figura A.5-15	No se requiere
Puertos de alimentación de c.c. interna	MOV	Véase la Figura A.5-9	Véase la Figura A.5-16	MOV; véase la Figura A.5-16	No se requiere



**Cuadro A.5-1 – Elementos de acoplamiento y desacoplamiento recomendados**

Tipo de puerto	Puertos sometidos a prueba		Puertos no sometidos a prueba		
	Elementos de acoplamiento del generador	Elemento de desacoplamiento (véase la Nota 2)	Elemento de desacoplamiento (véase la Nota 2)	Elemento de acoplamiento a tierra	Protección para puerto no sometido a prueba en EUT
Puertos Ethernet	Resistencias de 10 ohm	Véase la Figura A.6.7-1	Véase la Figura A.6.7-1	Resistencias de 10 ohm; véase la Figura A.6.7-1	No se requiere

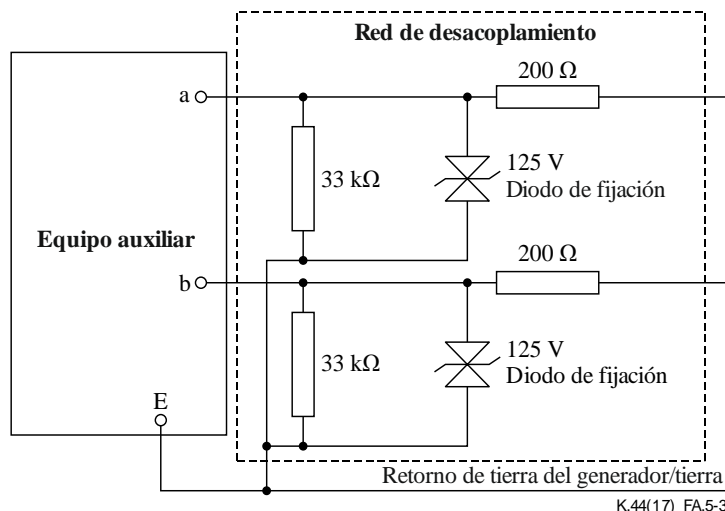
NOTA 1 – Está permitido (véase la cláusula 7.3 3) realizar la prueba del contacto con la línea de energía sin que el equipo esté alimentado, siempre y cuando no afecte al resultado de la prueba. Como tal, debido a la dificultad que supone encontrar un elemento de acoplamiento eficaz, se permite utilizar un método de acoplamiento directo, es decir, ningún elemento de acoplamiento.

NOTA 2 – En ocasiones puede ser necesario reducir el valor de la resistencia de desacoplamiento para permitir el funcionamiento del sistema. El valor de esa resistencia de desacoplamiento debería figurar en el informe de prueba.

## A.5.2 Puertos sometidos a prueba

### A.5.2.1 Puerto de par simétrico externo

Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto simétrico externo, se sugiere insertar  $200\ \Omega$  en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de  $33\ \text{k}\Omega$  en paralelo a  $125\ \text{V}$  entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-3). De esta manera se limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios pero aun así permitirá la transmisión xDSL, POTS o RDSI aun con una alimentación de energía a distancia de hasta  $120\ \text{V DC}$ . Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.

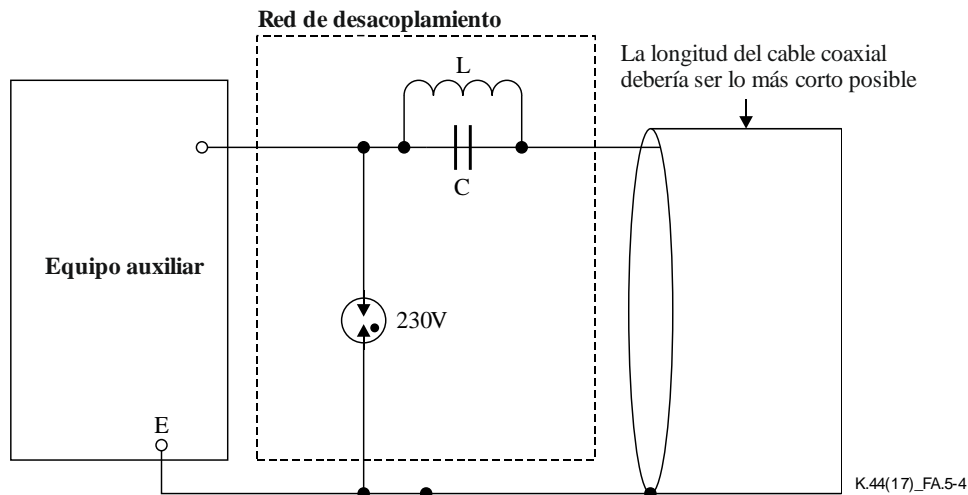


**Figura A.5-3 – Red de desacoplamiento para AE conectado al puerto de par simétrico externo sometido a prueba**

### A.5.2.2 Puerto externo de cable coaxial

Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto externo coaxial, se sugiere insertar un condensador en serie con el conductor central entre el AE y el generador. Se puede conectar un GDT coaxial de 230 V en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-4). Esto limitará la energía que entre en el AE pero permitirá la transmisión. Si es necesario para la aplicación, puede utilizarse una tensión de activación de GDT mayor.

Se puede conectar una inductancia de gran valor paralelamente al condensador para permitir la alimentación de energía a distancia, por ejemplo 120 V DC. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.



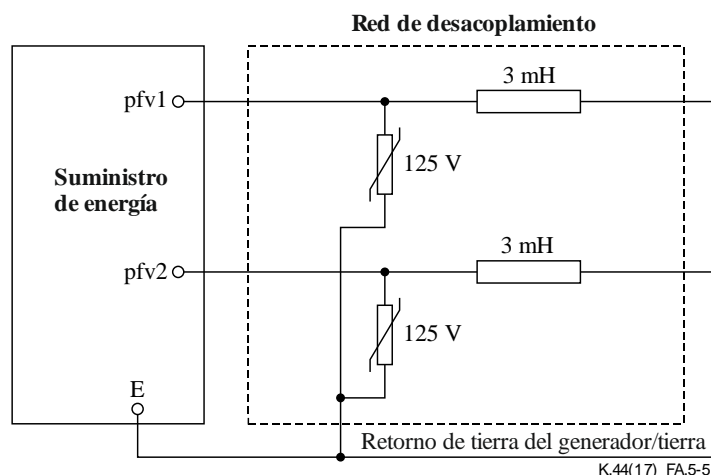
$C > 5 / (2 \times \pi \times f \times Z_0)$ , siendo  $\pi = 3,1416$ ,  $f$  es la frecuencia más baja utilizada por el EUT y  $Z_0$  es la impedancia característica del cable coaxial. El límite superior respecto de  $C$  es 50 nF .

La inductancia  $L$  solo se requiere cuando hay una alimentación de energía en c.c. Un inductor con núcleo de aire de 3 mH es suficiente para desacoplar la sobrecarga del equipo de energía. Cabe señalar que se recomiendan los inductores con núcleo de aire, ya que la corriente de magnetización de los inductores con núcleo de acero puede ser un problema.

**Figura A.5-4 – Red de desacoplamiento para AE conectado al puerto externo de cable coaxial sometido a prueba**

### A.5.2.3 Puerto externo de alimentación de energía especializada

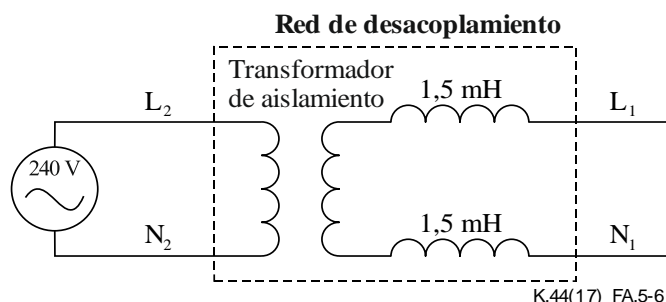
Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto externo de alimentación de energía especializada, se sugiere insertar 3 mH en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de 125 V entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-5). Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios para asegurar una alimentación de energía de hasta 120 V en c.c. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.



**Figura A.5-5 – Red de desacoplamiento para AE conectado al puerto de par dpf externo sometido a prueba**

#### A.5.2.4 Puertos de alimentación del sector

Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto de alimentación del sector, es necesario desacoplar la fuente de alimentación del sector durante las pruebas de descargas transversales/diferenciales, de puerto a tierra y de puerto a puerto externo, para proteger la fuente de alimentación. En la Figura A.5-6 se muestran elementos de desacoplamiento propuestos.

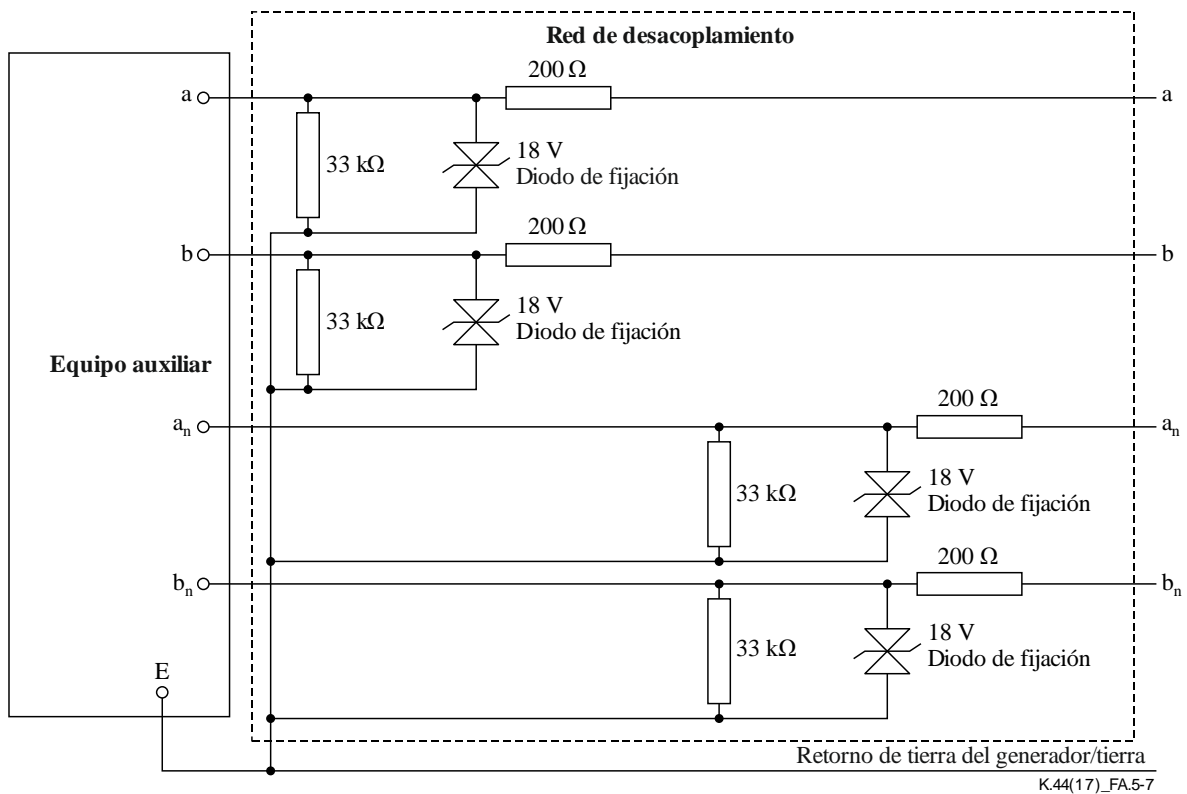


**Figura A.5-6 – Red de desacoplamiento para la alimentación eléctrica conectada al puerto de alimentación del sector sometido a prueba**

Si el elemento de desacoplamiento recomendado no puede utilizarse para la prueba, deberá señalarse en el informe de prueba. El valor del elemento de desacoplamiento modificado debe comunicarse junto con la posible incidencia en el resultado de la prueba.

#### A.5.2.5 Puerto de cable interno no apantallado

Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto de cable interno no apantallado, se sugiere insertar  $200 \Omega$  en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de  $33 \text{ k}\Omega$  en paralelo a  $18 \text{ V}$  entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE. Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios. Se permiten otros valores o métodos.



K.44(17)\_FA.5-7

NOTA – Normalmente, se utilizan diodos de fijación de 18 V para proteger la interfaz interna. Si estos diodos impiden el funcionamiento normal, se puede utilizar un diodo con una tensión de fijación mayor. Si la resistencia de desacoplamiento de 200 ohm impide el funcionamiento normal, se puede utilizar una resistencia con un valor menor.

**Figura A.5-7 – Red de desacoplamiento para AE conectado al puerto de cable interno no apantallado sometido a prueba**

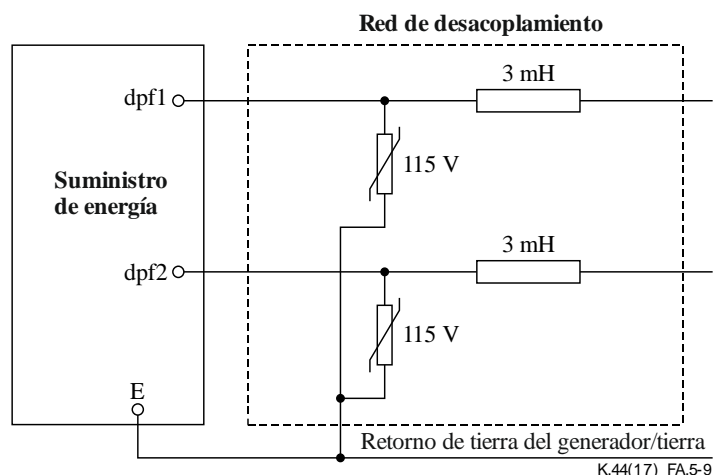
#### A.5.2.6 Puerto de cable interno apantallado

Se ha suprimido la Figura A.5-8.

NOTA – No se requiere una red de desacoplamiento para el equipo auxiliar conectado al puerto de cable interno apantallado sometido a prueba. Véase la Figura A.6.5-2.

#### A.5.2.7 Interfaz de alimentación interna en c.c.

Cuando el puerto sometido a prueba es un puerto de alimentación interna en c.c., se sugiere insertar 3 mH en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de 115 V entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-9). Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios para asegurar una alimentación de energía de hasta 100 V en c.c. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.



**Figura A.5-9 – Red de desacoplamiento para la alimentación eléctrica conectada al puerto de alimentación interna en c.c. sometido a prueba**

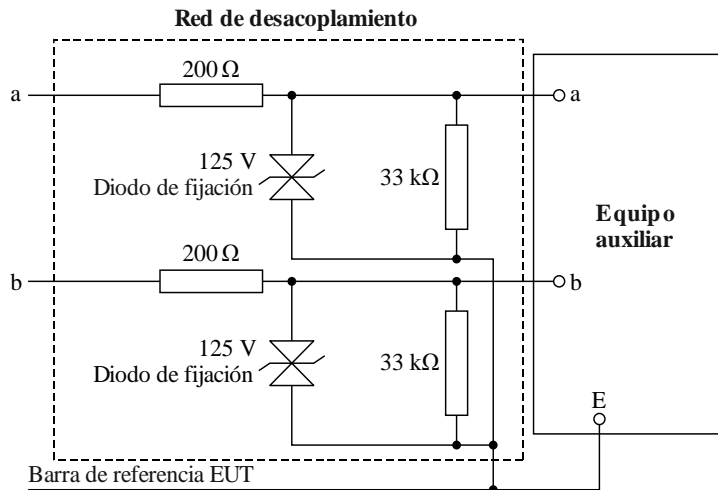
Los elementos de acoplamiento del generador consisten en una resistencia de  $10 \Omega$  y un condensador de  $9 \mu\text{F}$  conectado en serie.

### **A.5.3 Puertos no sometidos a prueba**

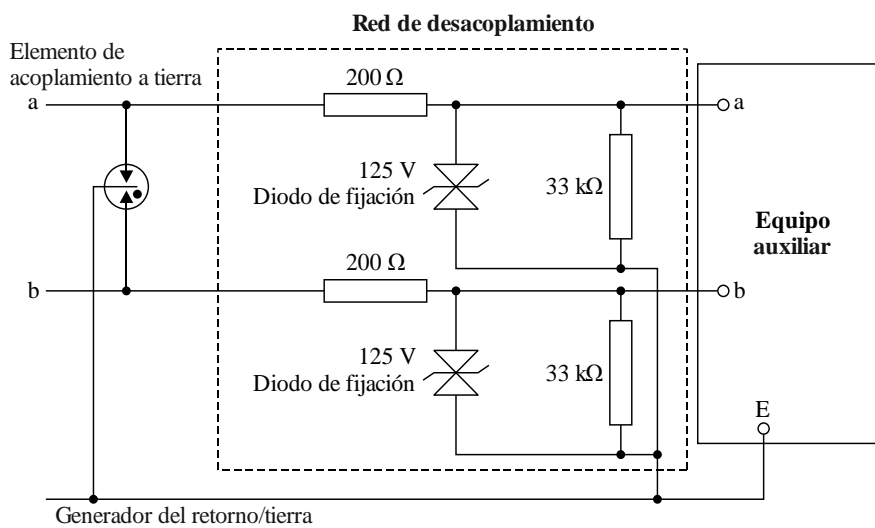
#### **A.5.3.1 Puerto de par simétrico externo**

Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto de par simétrico externo, se sugiere insertar  $200 \Omega$  en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de  $33 \text{ k}\Omega$  en paralelo a  $125 \text{ V}$  entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE. De esta manera se limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios pero aun así permitirá la transmisión xDSL, POTS o RDSI aun con una alimentación de energía a distancia de hasta  $120 \text{ V DC}$ .

Los métodos de terminación y acoplamiento a tierra para los puertos de par simétrico externo no sometidos a prueba se muestran en la Figura A.5-10.



a) Terminación de un puerto de par simétrico externo no sometido a prueba



b) Acoplamiento a tierra y terminación de un puerto de par simétrico externo no sometido a prueba

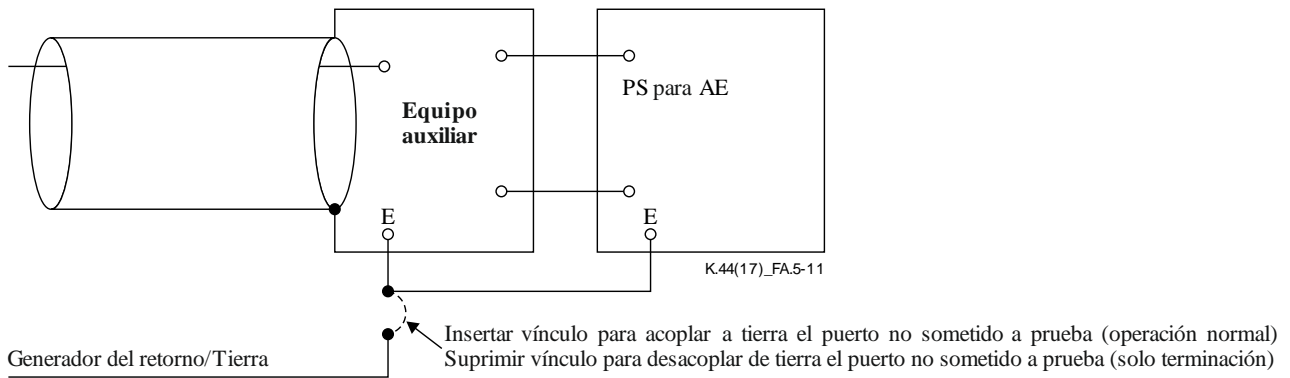
K.44(17)\_FA.5-10

NOTA – Para los puertos Ethernet, sírvase remitirse a la cláusula A.6.7 y a la Figura A.6.7-1 a) y b) para los métodos de acoplamiento a tierra y de desacoplamiento y terminación.

**Figura A.5-10 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos de par simétrico externo no sometidos a prueba**

### A.5.3.2 Puerto externo de cable coaxial

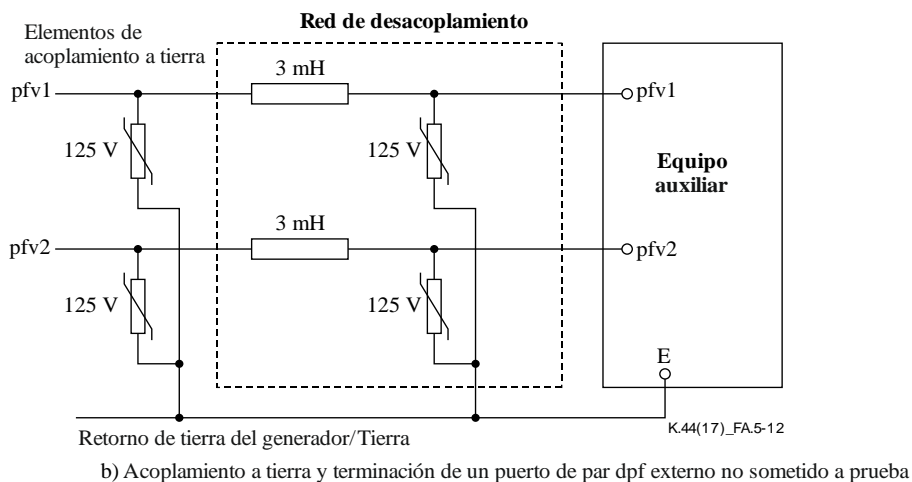
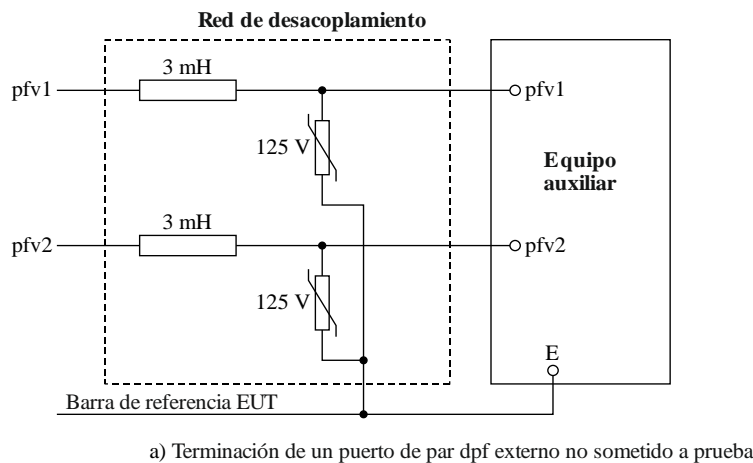
Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto externo de cable coaxial, se sugiere utilizar los métodos de terminación y acoplamiento a tierra que se muestran en la Figura A.5-11. Mantener el AE sin conexión a tierra, al igual que su suministro de energía, para "desacoplar" el AE. Conectar el AE y su suministro de energía para "acoplar" el puerto EUT a tierra (véase la Figura A.5-18).



**Figura A.5-11 – Terminación y acoplamiento a tierra puertos externos de cable coaxial no sometidos a prueba**

### A.5.3.3 Puerto externo de alimentación de energía especializada

Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto externo de alimentación de energía especializada, se sugiere insertar 3 mH en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de 125 V entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-12). Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios para asegurar una alimentación de energía de hasta 129 V en c.c. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.



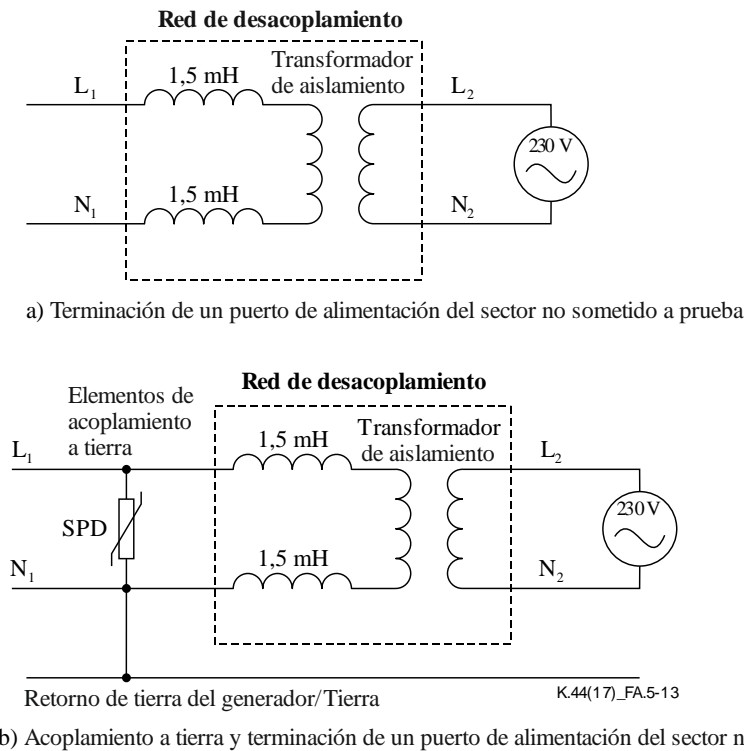
**Figura A.5-12 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos dpf no sometidos a prueba**

#### A.5.3.4 Puertos de alimentación del sector

Cuando el puerto no sometido a prueba es el puerto de alimentación del sector, se deben considerar tres estados para la red de alimentación del sector, a saber:

- La red de distribución del sector se presenta como una red de elevada impedancia. Esto se aplica a una instalación neutral sin toma de tierra, por ejemplo, un sistema de distribución de energía TT. En ese caso, sírvase utilizar inductores de 1,5 mH en los conductores L1 y N.
- El neutro está puesto a tierra en los locales del cliente, por ejemplo, un sistema de distribución de energía TN-C. En ese caso, sírvase conectar el conductor neutro al retorno de tierra del generador.
- Tanto el conductor L1 como el neutro están puestos a tierra en condiciones de sobrecarga, es decir, se han instalado SPD. En ese caso, sírvase conectar el neutro a tierra e instalar un SPD L1 a N/E.

Para poner a prueba todas las situaciones posibles y efectuar las pruebas en las condiciones en que el puerto está puesto a tierra y no está puesto a tierra, sírvase utilizar los métodos de terminación y acoplamiento a tierra que se muestran en la Figura A.5-13.

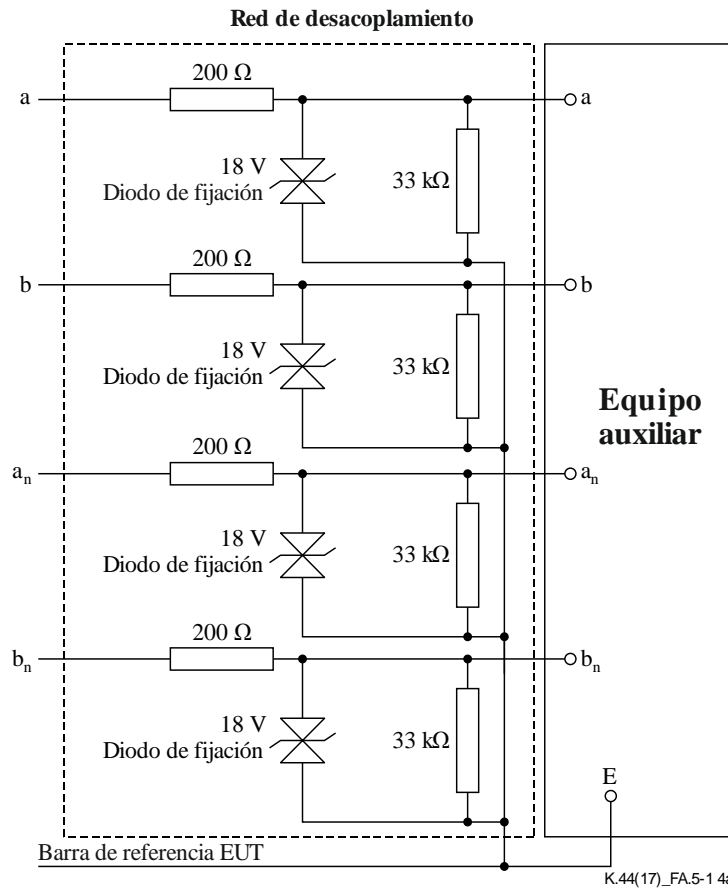


**Figura A.5-13 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos de alimentación del sector no sometidos a prueba**

#### A.5.3.5 Puerto de cable interno no apantallado

Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto de cable interno no apantallado, se sugiere insertar 200  $\Omega$  en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de 33 k $\Omega$  en paralelo a 18 V entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-14). Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.

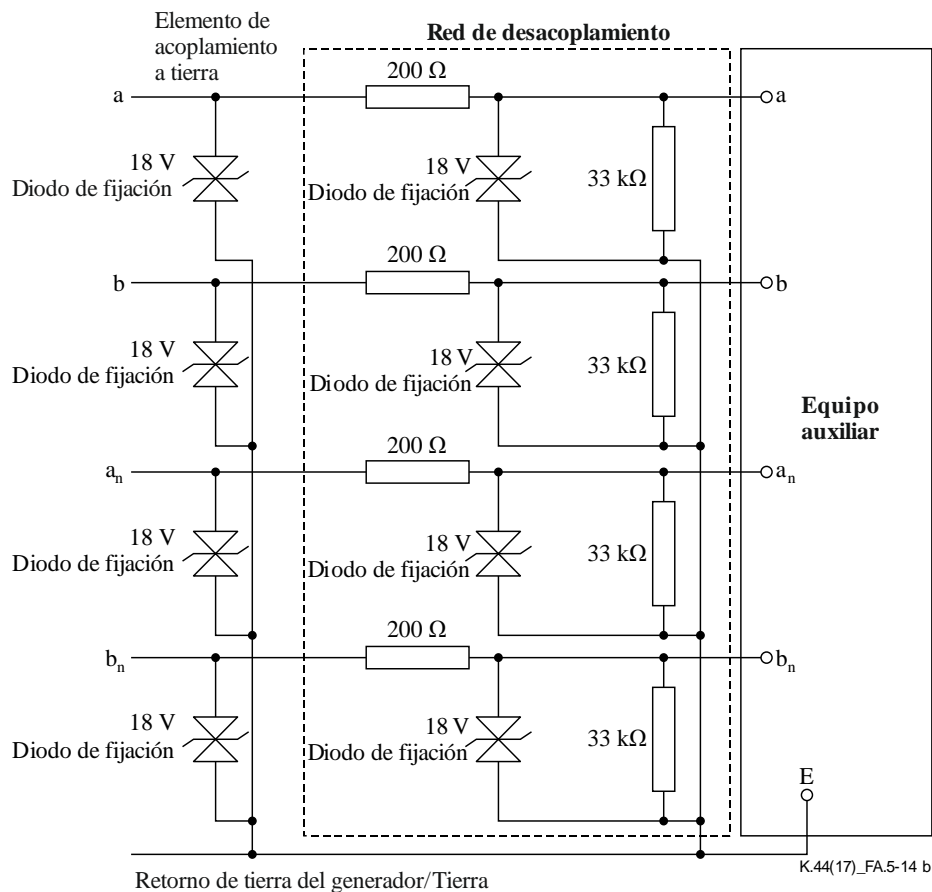




NOTA 1 – Normalmente, se utilizan diodos de fijación de 18 V para proteger la interfaz interna. Si estos diodos impiden el funcionamiento normal, se puede utilizar un diodo con una tensión de fijación mayor. Si la resistencia de desacoplamiento de 200 ohm impide el funcionamiento normal, se puede utilizar una resistencia con un valor menor.

NOTA 2 – Para los puertos Ethernet, sírvase remitirse a la cláusula A.6.7 y la Figura A.6.7-1 a) en relación con el método de desacoplamiento y terminación.

**Figura A.5-14a – Terminación de puertos internos de par simétrico no sometidos a prueba**



NOTA 1 – Normalmente, se utilizan diodos de fijación de 18 V para proteger la interfaz interna. Si estos diodos impiden el funcionamiento normal, se puede utilizar un diodo con una tensión de fijación mayor. Si la resistencia de desacoplamiento de 200 ohm impide el funcionamiento normal, se puede utilizar una resistencia con un valor menor.

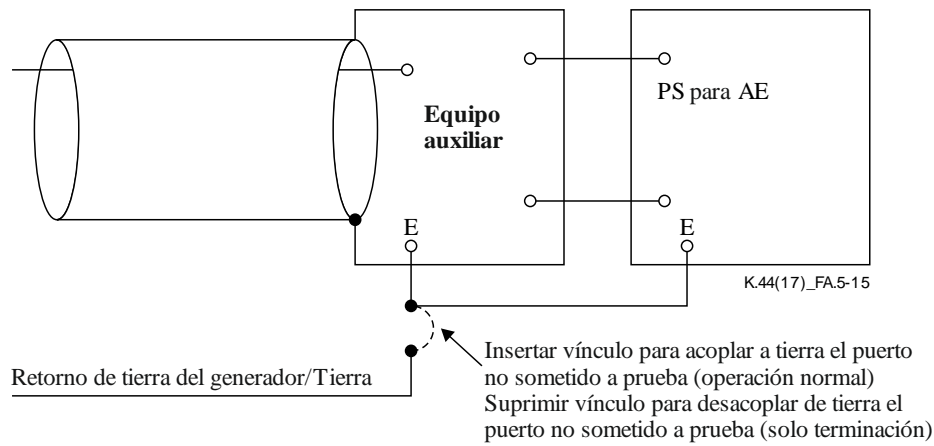
NOTA 2 – Para los puertos Ethernet, sírvase remitirse a la cláusula A.6.7 y la Figura A.6.7-1 b) en relación con el método de acoplamiento a tierra y de desacoplamiento y terminación.

**Figura A.5-14b – Acoplamiento a tierra y terminación de puertos internos de par simétrico no sometidos a prueba**

### A.5.3.6 Puerto de cable interno apantallado

Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto de cable interno apantallado, se sugiere utilizar los métodos de terminación y acoplamiento a tierra que se muestran en la Figura A.5-15:

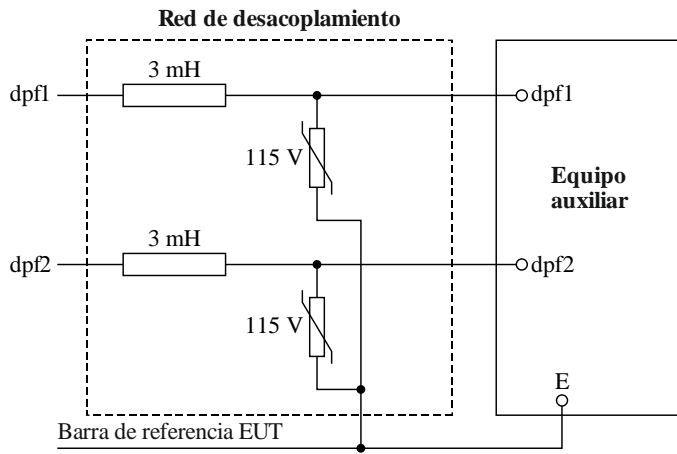
- Para "desacoplar" el AE de tierra: mantener el AE sin conexión a tierra, al igual que su suministro de energía.
- Para "acoplar" el AE a tierra: conectar el AE y su suministro de energía al retorno de tierra del generador.



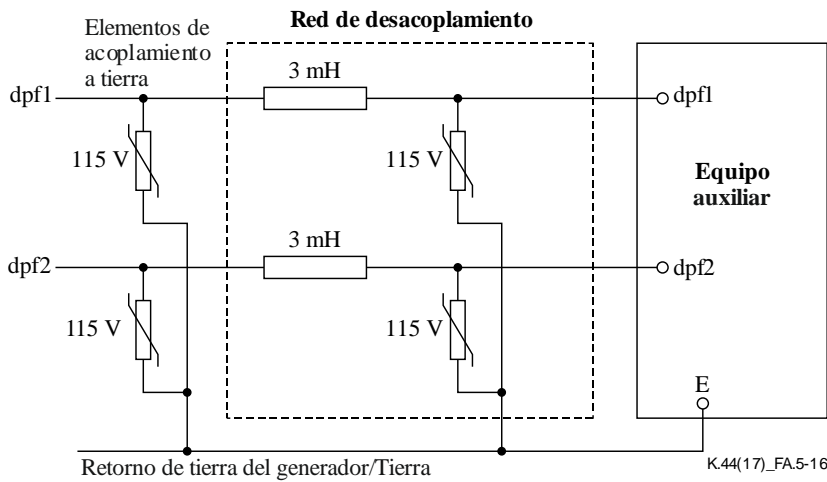
**Figura A.5-15 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos de cable interno apantallado no sometidos a prueba**

### A.5.3.7 Interfaz de alimentación interna en c.c.

Cuando el puerto no sometido a prueba es un puerto de alimentación interna en c.c., se sugiere insertar 3 mH en serie con cada tramo de línea entre el AE y el generador. Se puede conectar un dispositivo de fijación de nivel de 115 V entre cada tramo de línea y la toma de tierra en el AE para desacoplar aún más el AE (véase la Figura A.5-16). Esto limitará la corriente conducida en el AE a unos pocos amperios para asegurar una alimentación de energía de hasta 100 V en c.c. Se permiten otros valores o métodos, por ejemplo, un cable artificial.



a) Terminación de un puerto de alimentación interna en c.c. no sometido a prueba



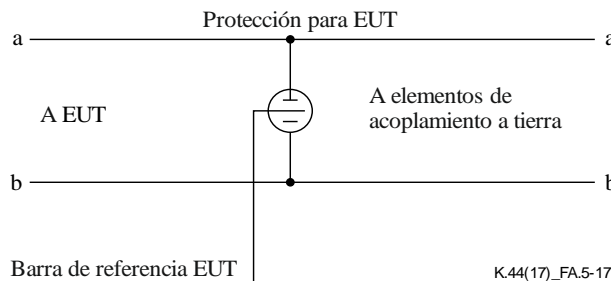
b) Acoplamiento a tierra y terminación de un puerto de alimentación interna en c.c. no sometido a prueba

**Figura A.5-16 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos de interfaz de alimentación interna en c.c. no sometidos a prueba**

#### A.5.4 Elementos de protección

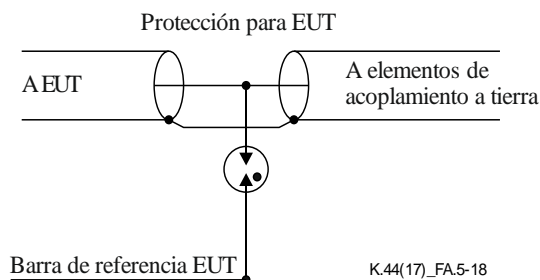
Cuando se realiza la prueba de coordinación de un puerto sometido a prueba respecto de un puerto externo o interno no sometido a prueba, es necesario instalar una protección para el EUT en el puerto externo o interno puesto a tierra.

##### A.5.4.1 Par simétrico externo



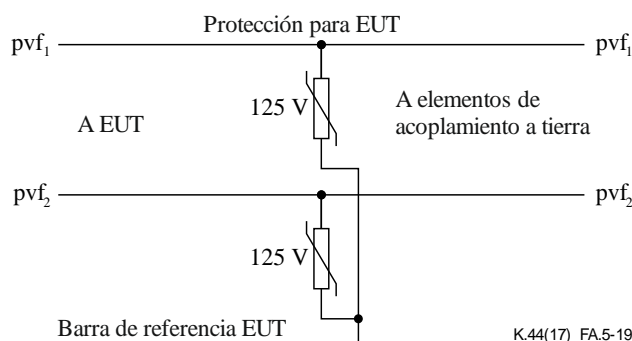
**Figura A.5-17 – Conexión de la protección para un puerto de par simétrico externo no sometido a prueba puesto a tierra**

### A.5.4.2 Puerto externo de cable coaxial



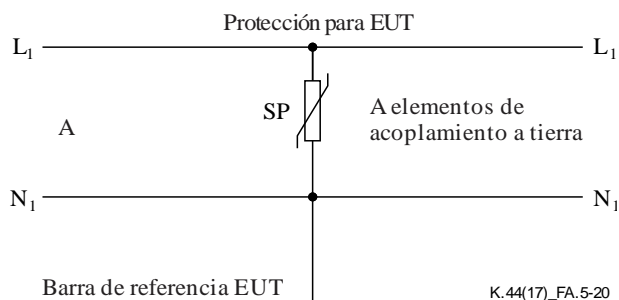
**Figura A.5-18 – Conexión de la protección para un puerto de cable coaxial externo no sometido a prueba puesto a tierra**

### A.5.4.3 Puerto de alimentación de energía especializada externo



**Figura A.5-19 – Conexión de la protección para un puerto de alimentación de energía especializada externo no sometido a prueba puesto a tierra**

### A.5.4.4 Puerto de alimentación del sector



**Figura A.5-20 – Conexión de la protección para un puerto de alimentación del sector externo no sometido a prueba puesto a tierra**

## A.6 Esquemas de prueba de distintos tipos de puertos

### A.6.1 Puertos de par simétrico

En las Figuras A.6.1-1a y A.6.1-1b se muestran los esquemas para la aplicación de descargas transversales/diferenciales. En la Figura A.6.1-2 se muestra el esquema correspondiente a la aplicación de descargas de puerto a tierra. En la Figura A.6.1-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos. En la Figura A.6.1-4 se muestra el esquema de aplicación de descargas de múltiples puertos externos a tierra. En la Figura A.6.1-5 se muestra el esquema de aplicación de descargas de múltiples puertos externos a un puerto externo.

## **A.6.2 Puertos coaxiales**

Véanse las Figuras A.6.2-1, A.6.2-2 y A.6.2-3.

## **A.6.3 Puertos de alimentación de energía especializada de c.a. o de c.c.**

En las Figuras A.6.3-1a y A.6.3-1b se muestran los esquemas de aplicación de descargas transversales/diferenciales. En la Figura A.6.3-2 se muestra el esquema de aplicación de descargas de puerto a tierra. En la Figura A.6.3-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos.

## **A.6.4 Puertos de alimentación de energía**

En la Figura A.6.4-1 se muestra el esquema de aplicación de descargas transversales/diferenciales. En la Figura A.6.4-2 se muestra el esquema de aplicación de descargas de puerto a tierra. En la Figura A.6.4-3 se muestra el esquema de aplicación de descargas entre dos puertos externos.

## **A.6.5 Puertos de cables internos**

Véanse las Figuras A.6.5-1 y A.6.5-2.

## **A.6.6 Puertos de alimentación de c.c.**

En las Figuras A.6.6-1a y A.6.6-1b se muestran los esquemas para la aplicación de descargas transversales/diferenciales en un EUT cuando un lado de la alimentación de energía está puesto a tierra en el EUT. En la Figura A.6.6-2 se muestra el esquema correspondiente a la aplicación de descargas de puerto a tierra. El esquema de puerto a tierra también se utiliza para las pruebas de puerto interno a puerto interno.

## **A.6.7 Puertos Ethernet**

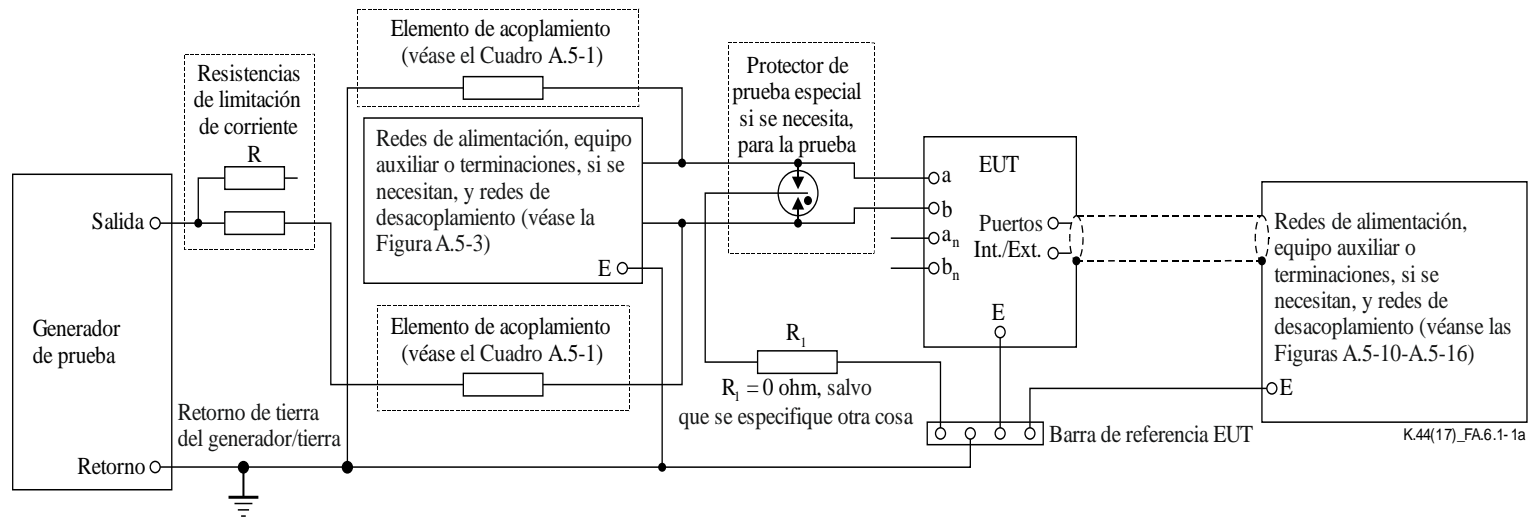
En la Figura A.6.7-1 se muestra la red de terminación y acoplamiento a tierra para los puertos Ethernet no sometidos a prueba. En la Figura A.6.7-1 a), las resistencias de 10 ohm en serie son solo un ejemplo. Se podrían sustituir por un cable Ethernet de una longitud conveniente. Por otra parte, si los puertos Ethernet en el AE tienen una impedancia reducida a tierra, será necesario suprimir la conexión a tierra del AE y utilizar un PS sin conexión a tierra para alimentar el AE. De esta manera se desacopla el AE para evitar que conduzca una corriente de sobrecarga a tierra.

En la Figura A.6.7-2 se muestra el esquema de aplicación de un impulso transversal/diferencial para poner a prueba la resistencia a la corriente de impulso de los alimentadores PoE de Modo A y Modo B.

En la Figura A.6.7-3 se muestra el esquema de determinación de la resistencia de aislamiento en c.c. y en la Figura A.6.7-3a se muestra el esquema de determinación de la tensión nominal de choque del puerto Ethernet.

En la Figura A.6.7-4 figura información adicional para las pruebas de descarga longitudinales/en modo común del puerto Ethernet.

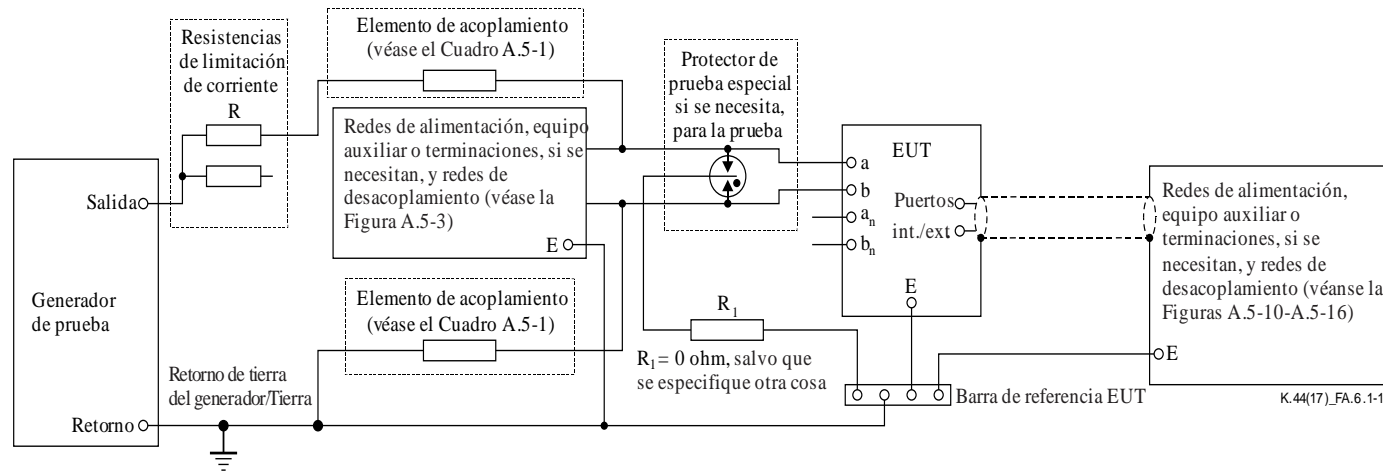
Todas las pruebas en el puerto Ethernet, excepto la prueba de resistencia de aislamiento, se realizan en condiciones de alimentación pero no operacionales. Las pruebas en el puerto Ethernet pueden realizarse sin alimentación cuando el EUT es un dispositivo alimentado por PoE (PD) y el equipo de fuente de energía PoE (PSE) no puede detectar el EUT de PD conectado. La red de acoplamiento/desacoplamiento conectada entre el PSE y el PD maximiza el nivel de sobrecargas aplicado al PD, pero puede detener el funcionamiento correcto de la detección de carga del PSE, lo que provoca que el PD deje de estar alimentado. Cuando el puerto Ethernet no sometido a prueba se pone a tierra, el circuito de Ethernet también deja de estar operacional. La prueba de resistencia de aislamiento se realiza cuando el equipo no está alimentado. Posteriormente, el equipo debe ponerse a prueba en situación operacional para comprobar que sigue cumpliendo sus especificaciones.



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.1-1a – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un solo puerto de par simétrico externo (a – terminal puesto a tierra)**

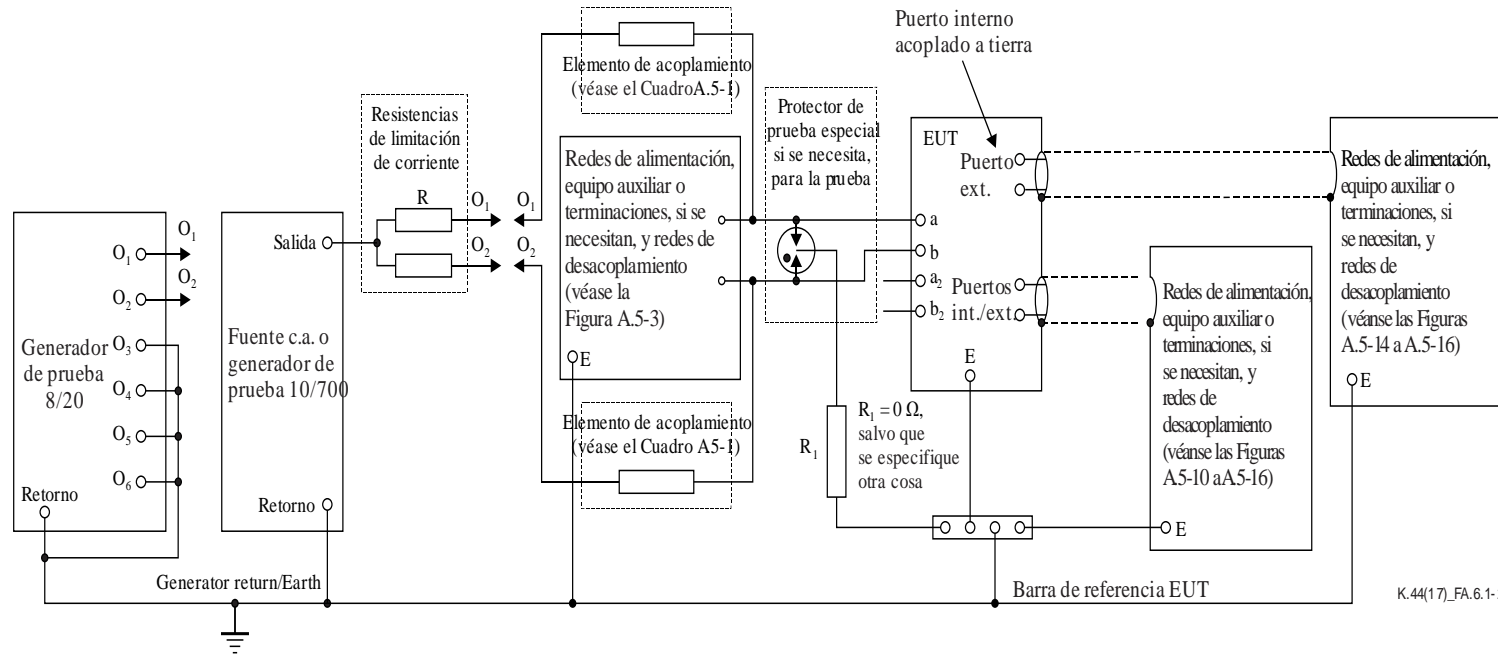


La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión

**Figura A.6.1-1b – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un solo puerto de par simétrico externo (b – terminal puesto a tierra)**

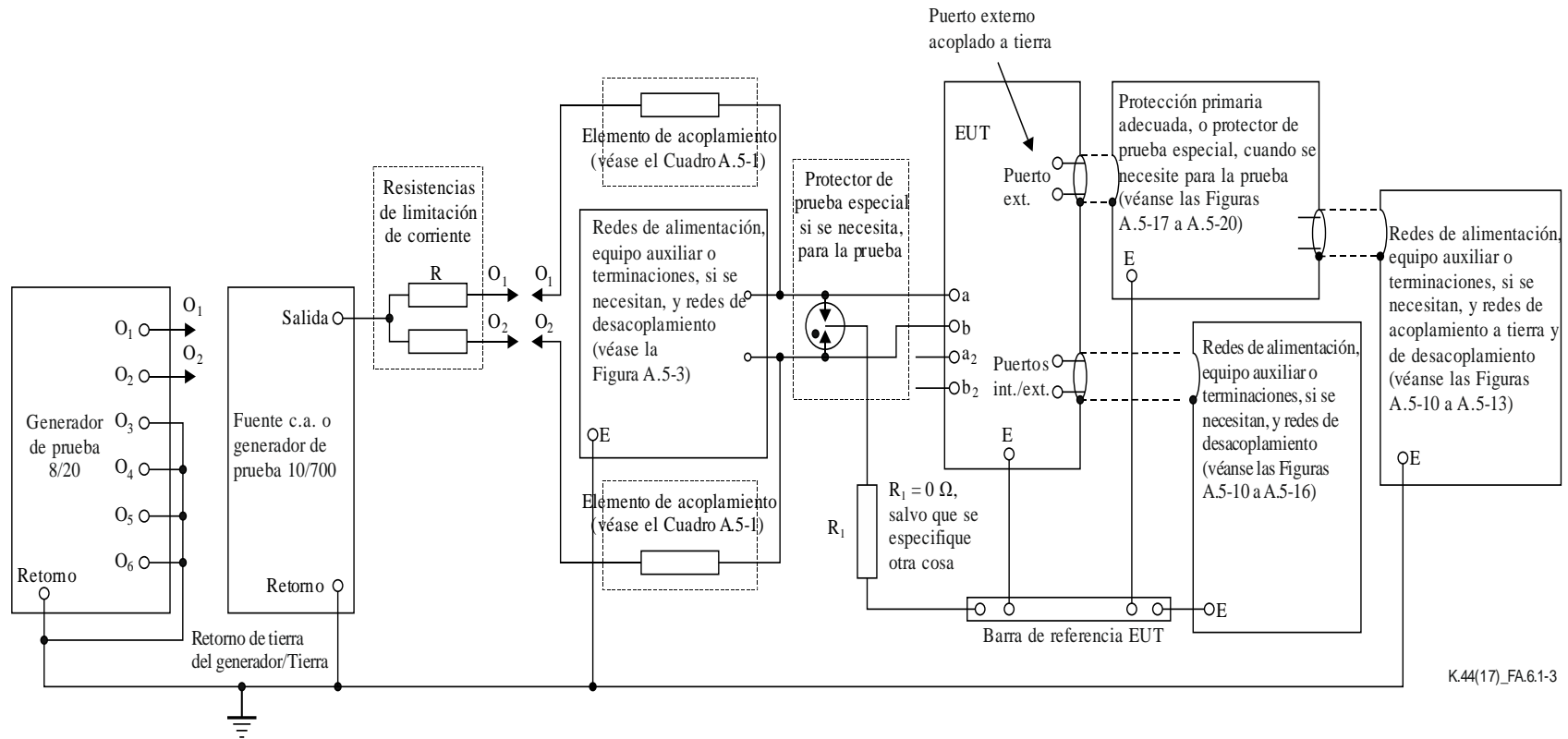




La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión

**Figura A.6.1-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un sólo puerto de par simétrico externo a tierra**

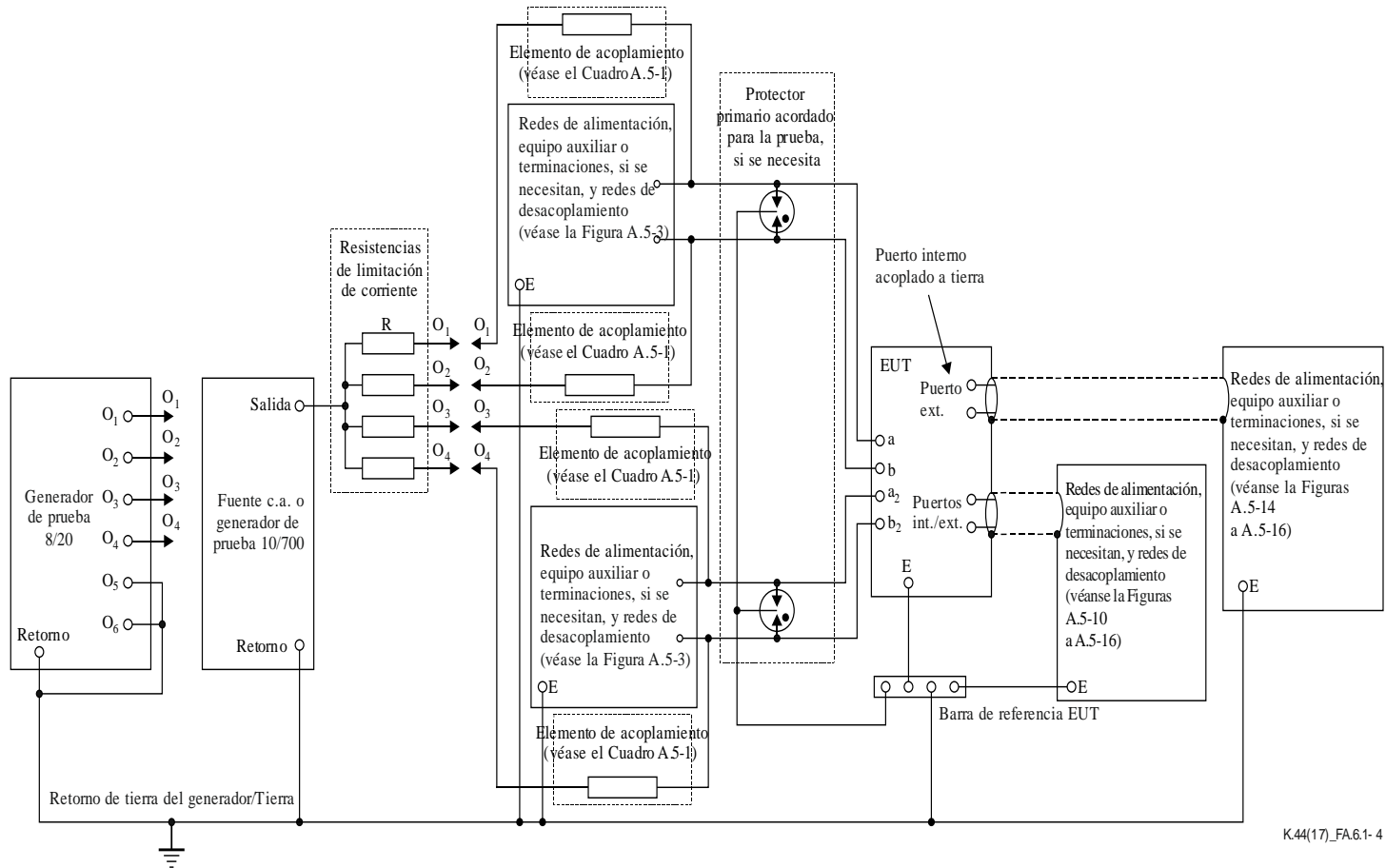


K.44(17)\_FA.6.1-3

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

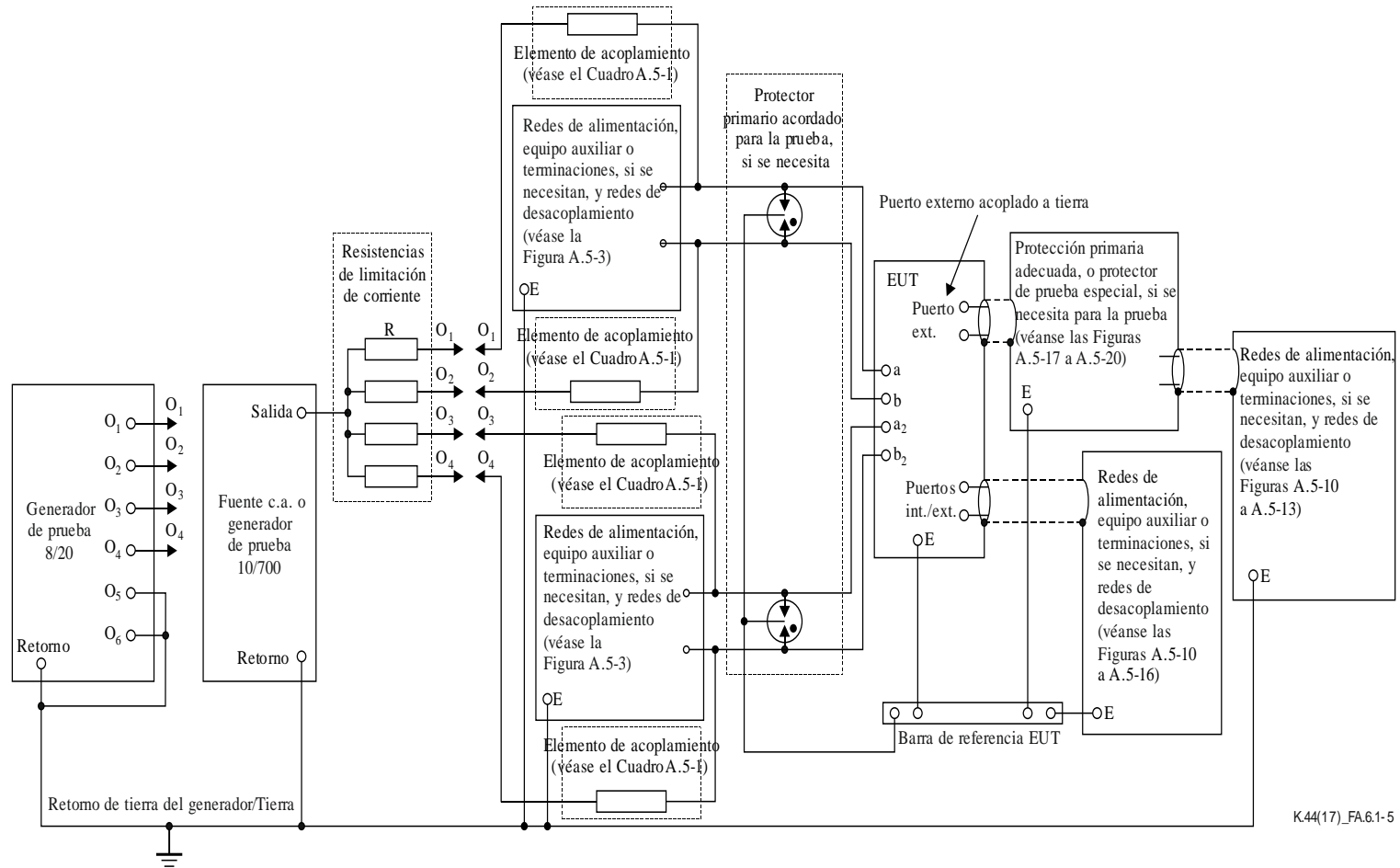
**Figura A.6.1-3 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto de par simétrico externo con relación con otro puerto externo**



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión

**Figura A.6.1-4 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un puerto externo de pares simétricos múltiples, puertos externos de pares simétricos múltiples o una combinación de ambos, a tierra**

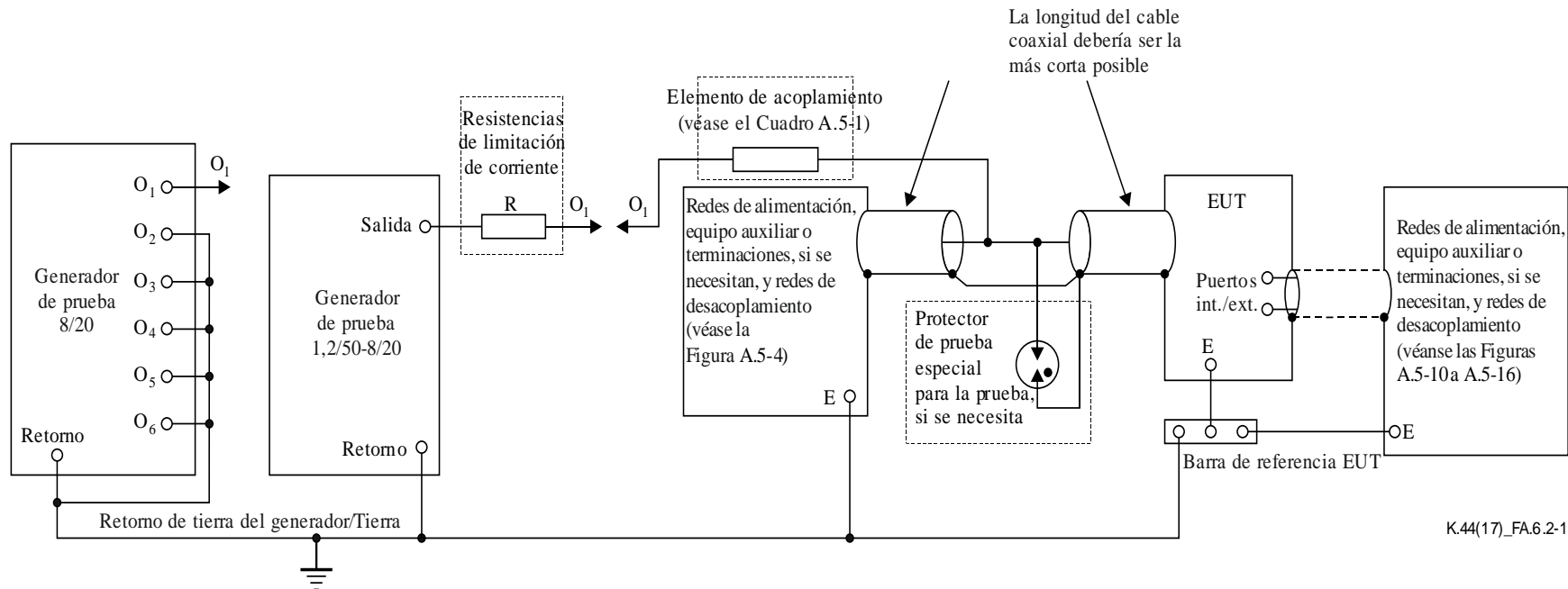


K.44(17)\_FA.6.1-5

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.1-5 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un puerto externo de pares simétricos múltiples, puertos externos de pares simétricos múltiples o una combinación de ambos, a otro puerto externo**

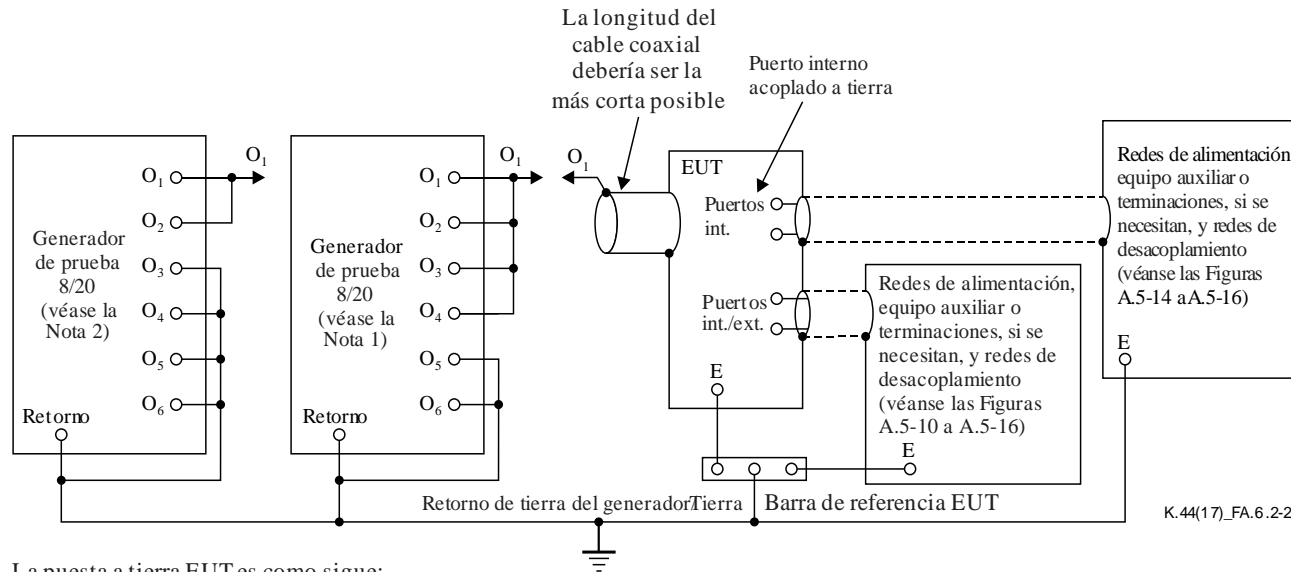


K.44(17)\_FA.6.2-1

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.2-1 – Ejemplo de circuito de prueba para sobretensiones o sobrecorrientes diferenciales en un puerto externo de cable coaxial**



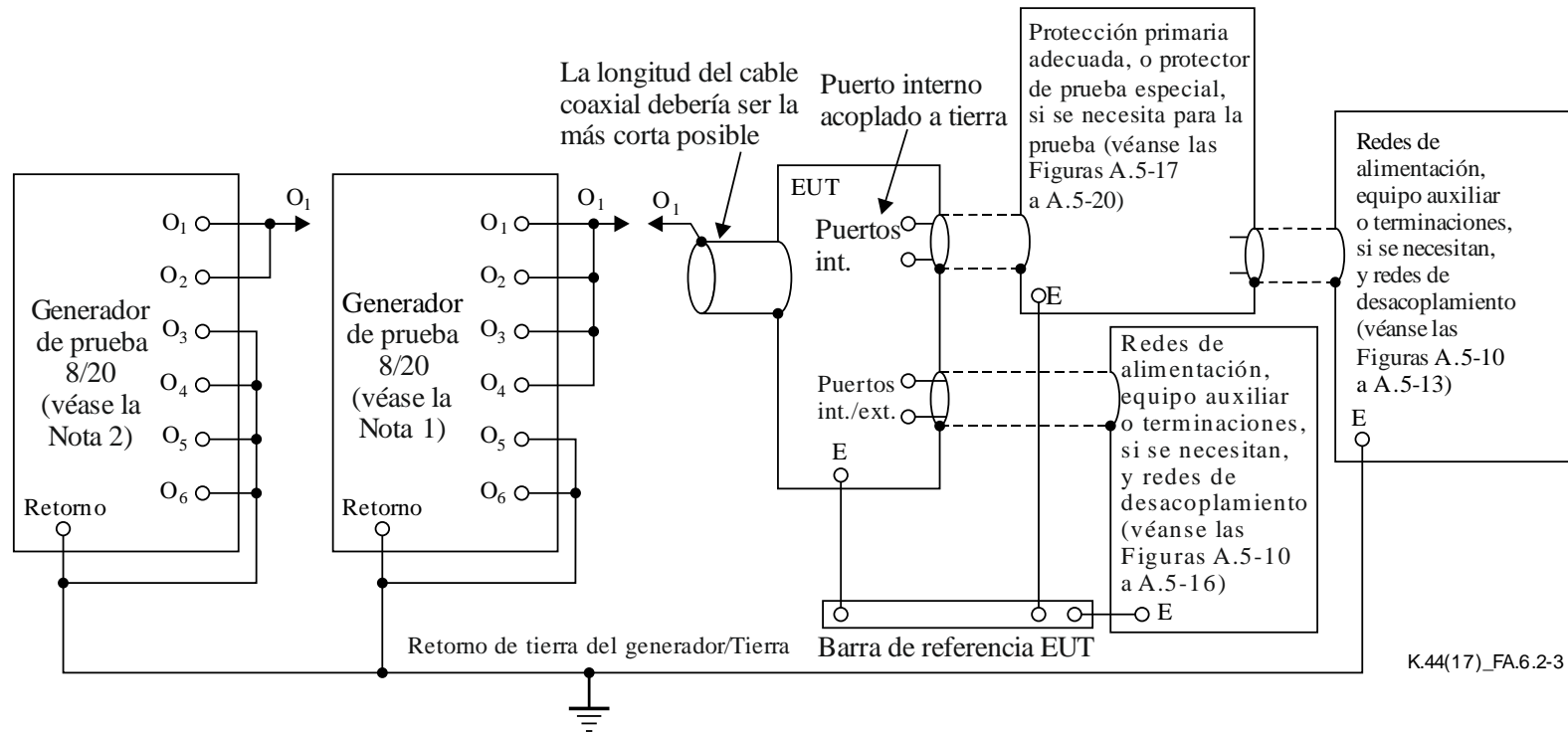
La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión

NOTA 1 – Conexiones de salida que deben utilizarse para los equipos diseñados para estar conectados a antenas/equipos expuestos a corrientes inducidas por el rayo directo, por ejemplo, conectados a antenas/equipos colocados en una torre.

NOTA 2 – Conexiones de salida que deben utilizarse para los equipos aplicables no abarcados en la Nota 1.

**Figura A.6.2-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una prueba de blindaje contra corriente de rayos en un puerto externo de cable coaxial a tierra**



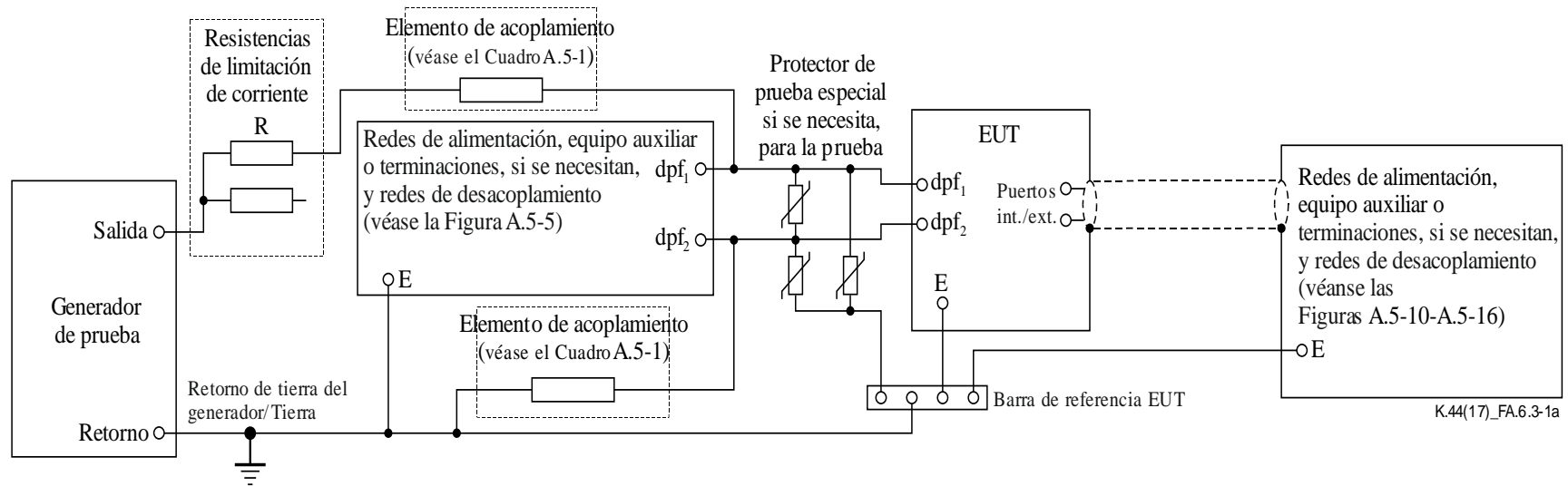
La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

NOTA 1 – Conexiones de salida que deben utilizarse para los equipos diseñados para estar conectados a antenas/equipos expuestos a corrientes inducidas por el rayo directo, por ejemplo, conectados a antenas/equipos colocados en una torre.

NOTA 2 – Conexiones de salida que deben utilizarse para los equipos aplicables no abarcados en la Nota 1.

**Figura A.6.2-3 – Ejemplo de circuito de prueba para una prueba de blindaje contra corriente de rayos en un puerto externo de cable coaxial a un puerto externo**

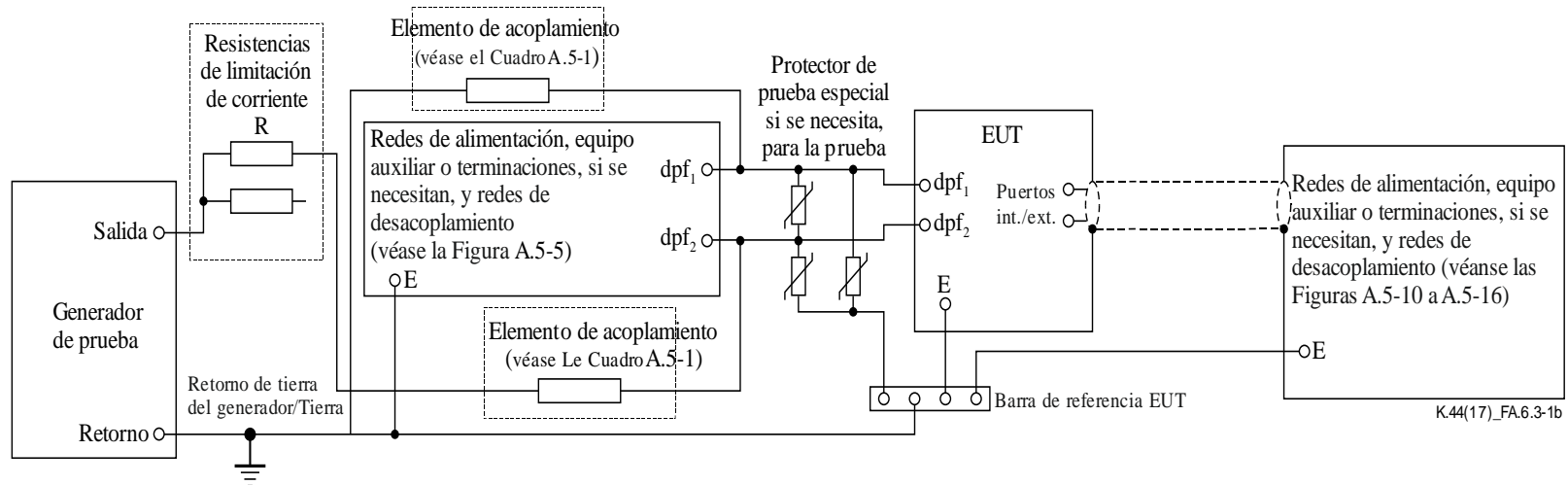


La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.3-1a – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un solo puerto dpf externo (dpf2 puesto a tierra)**

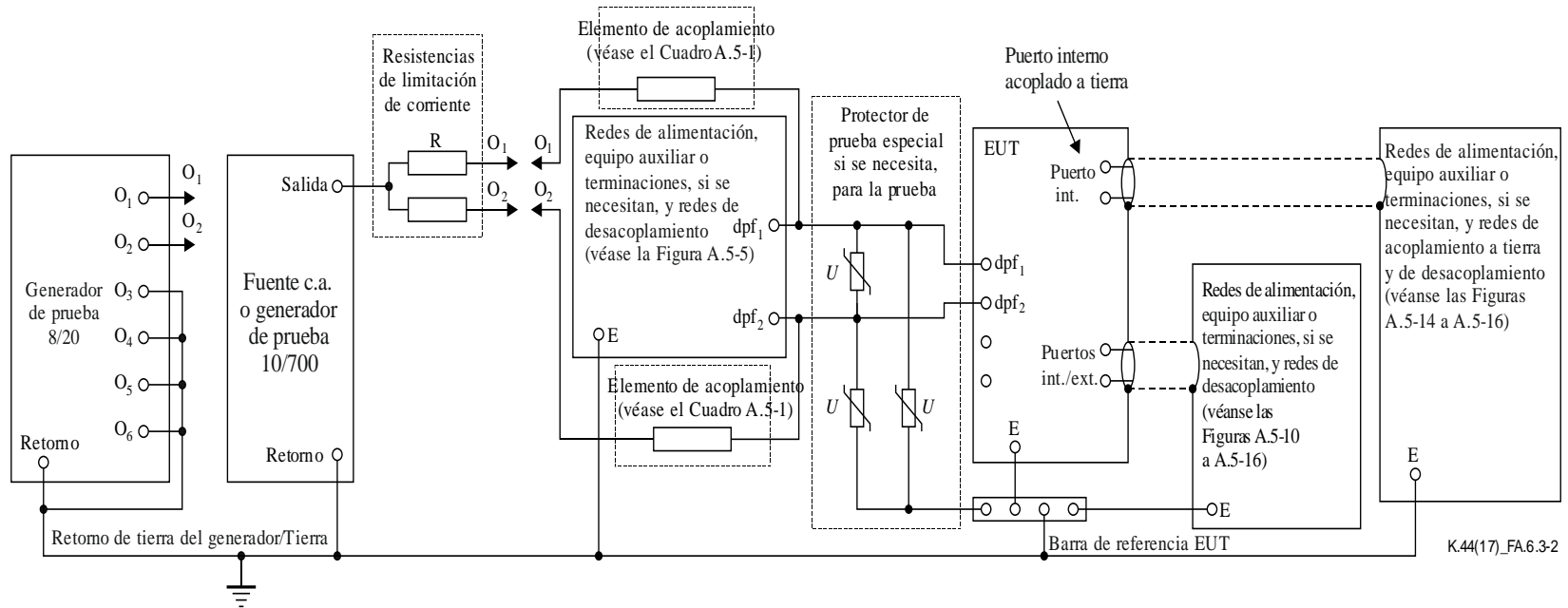




La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

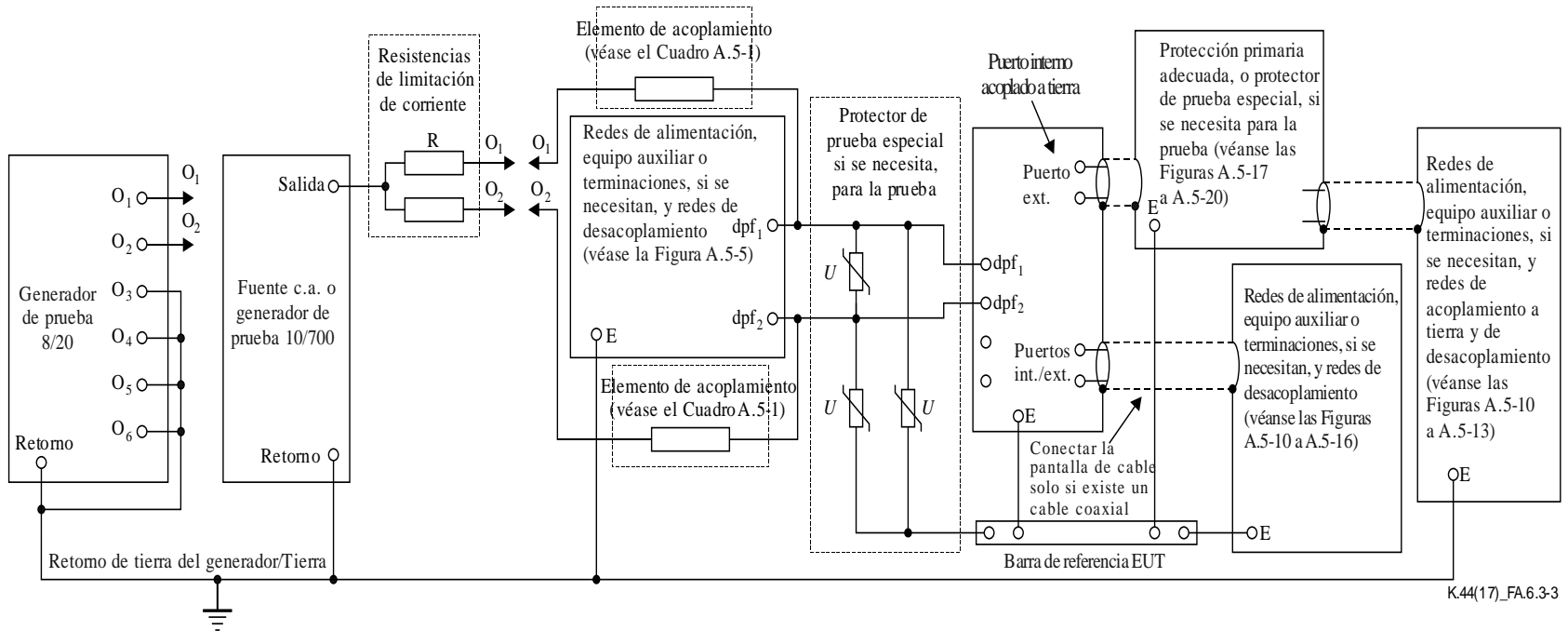
**Figura A.6.3-1b – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un solo puerto dpf externo (dpf1 puesto a tierra)**



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene un punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

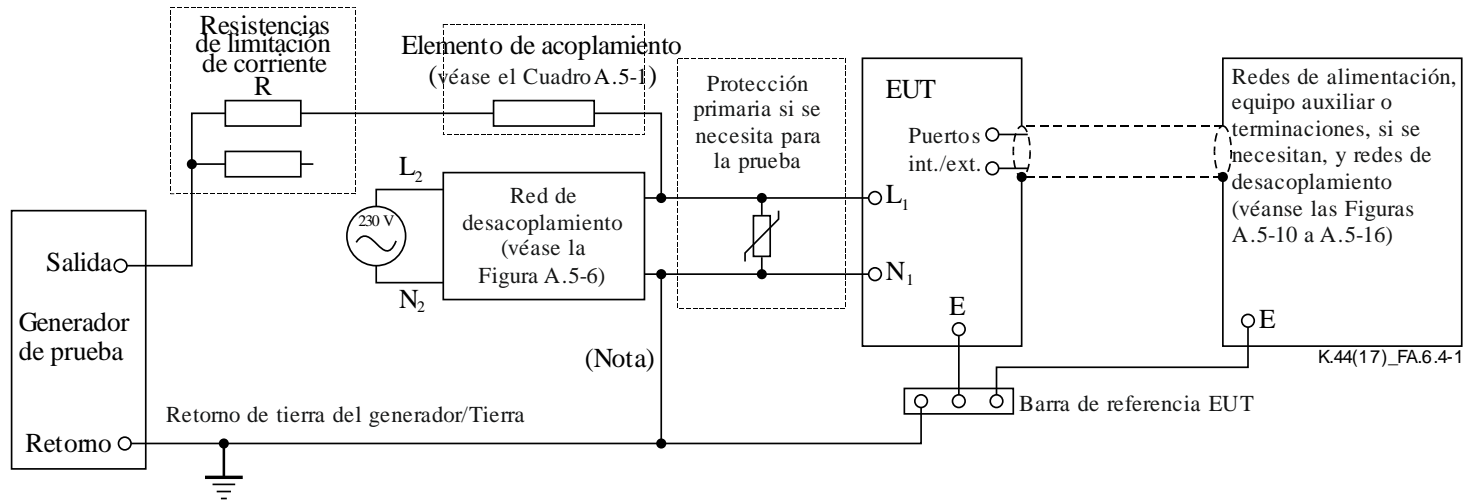
**Figura A.6.3-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto dpf externo a tierra**



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.3-3 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un solo puerto dpf externo a puerto externo**

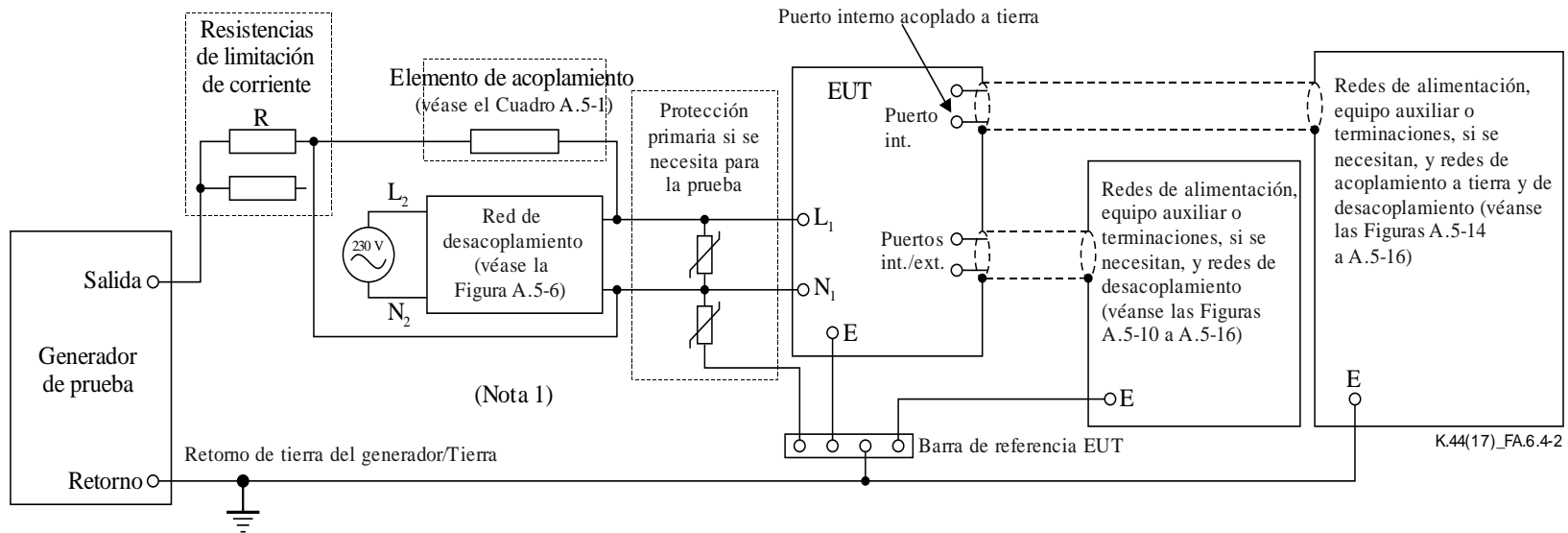


NOTA – La longitud total del cable conductor, por SPD, para conectar la protección primaria deberá ser de  $d$  m

La puesta a tierra EUT es como sigue

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.4-1 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un puerto externo de alimentación del sector**

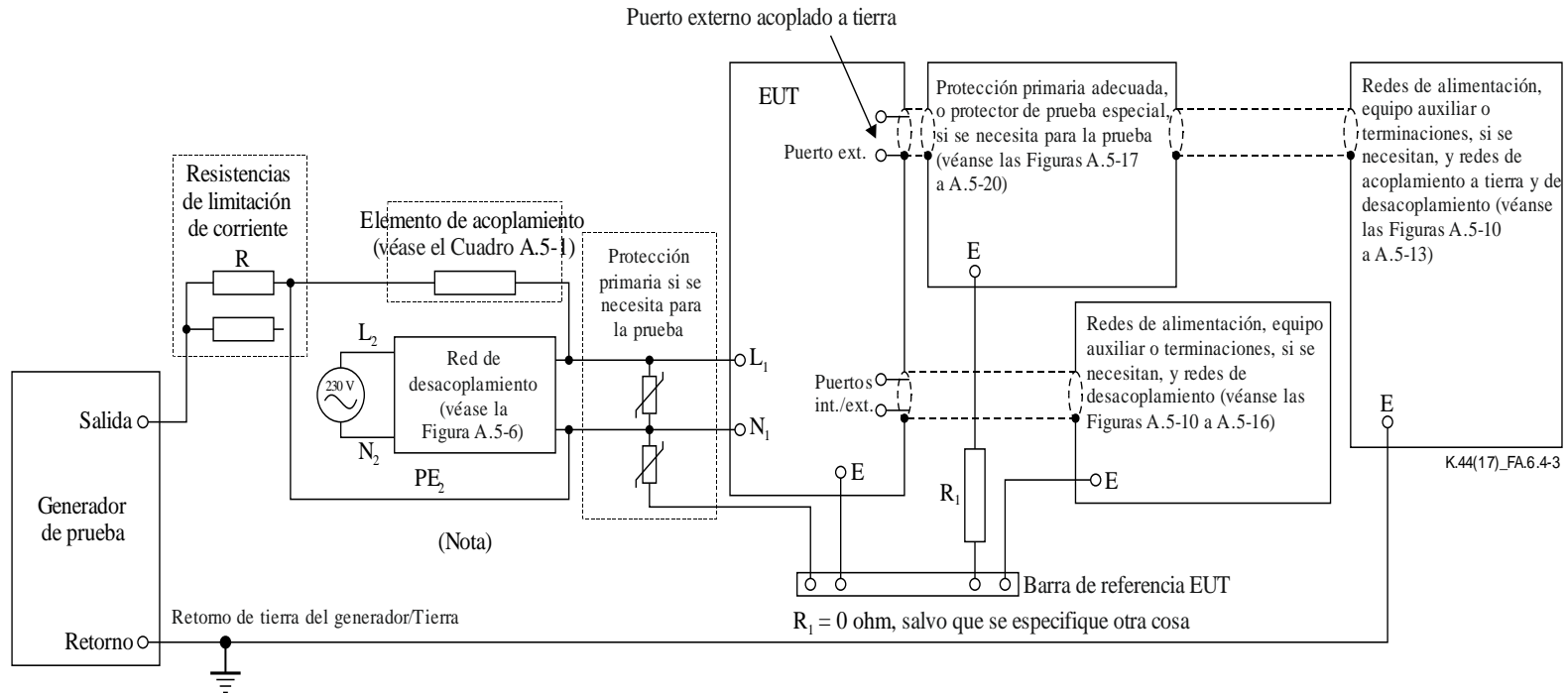


NOTA 1 – La longitud total del cable conductor, por SPD, para conectar la protección primaria deberá ser de 1 m

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.4-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión, sobrecorriente y aumento del potencial neutro en un puerto externo de alimentación del sector a tierra**

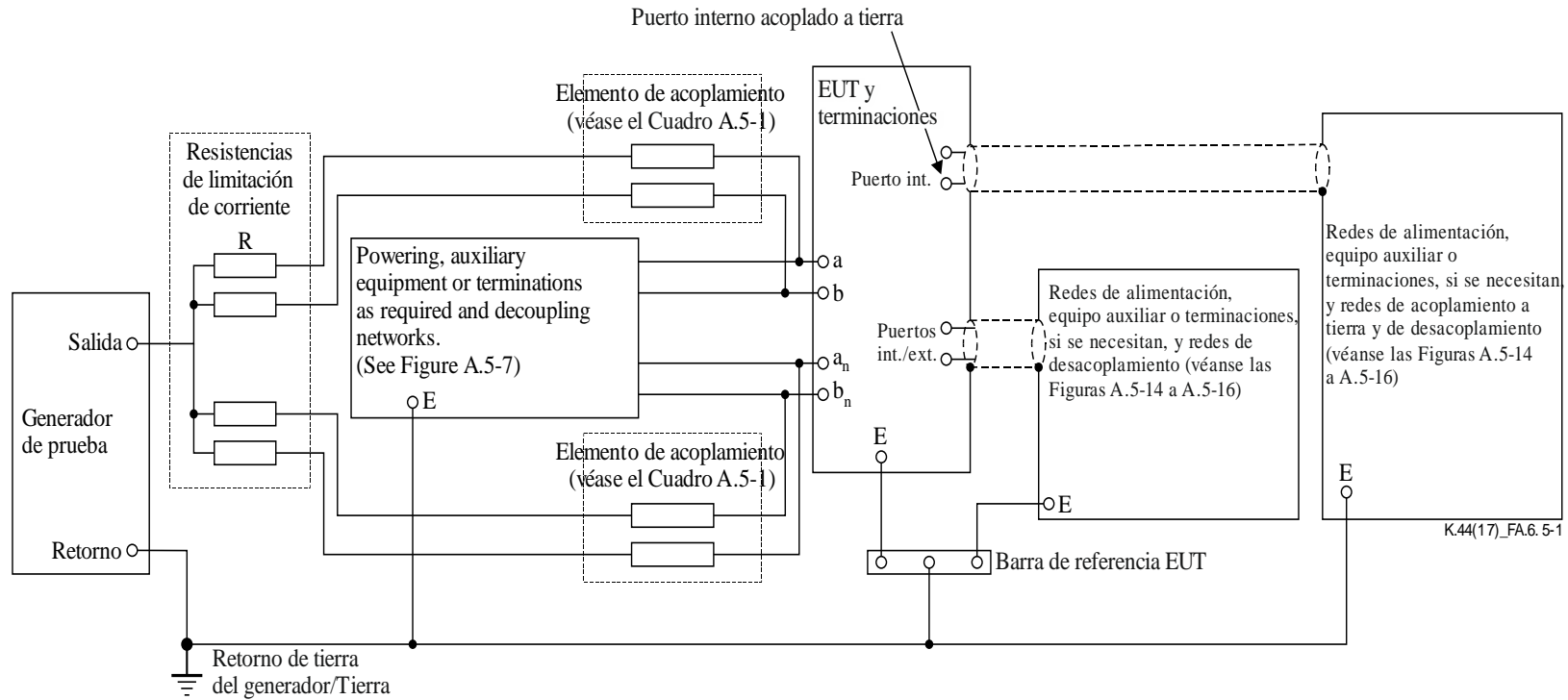


NOTA – La longitud total del cable conductor, por SPD, para conectar la protección primaria deberá ser de 1 m

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

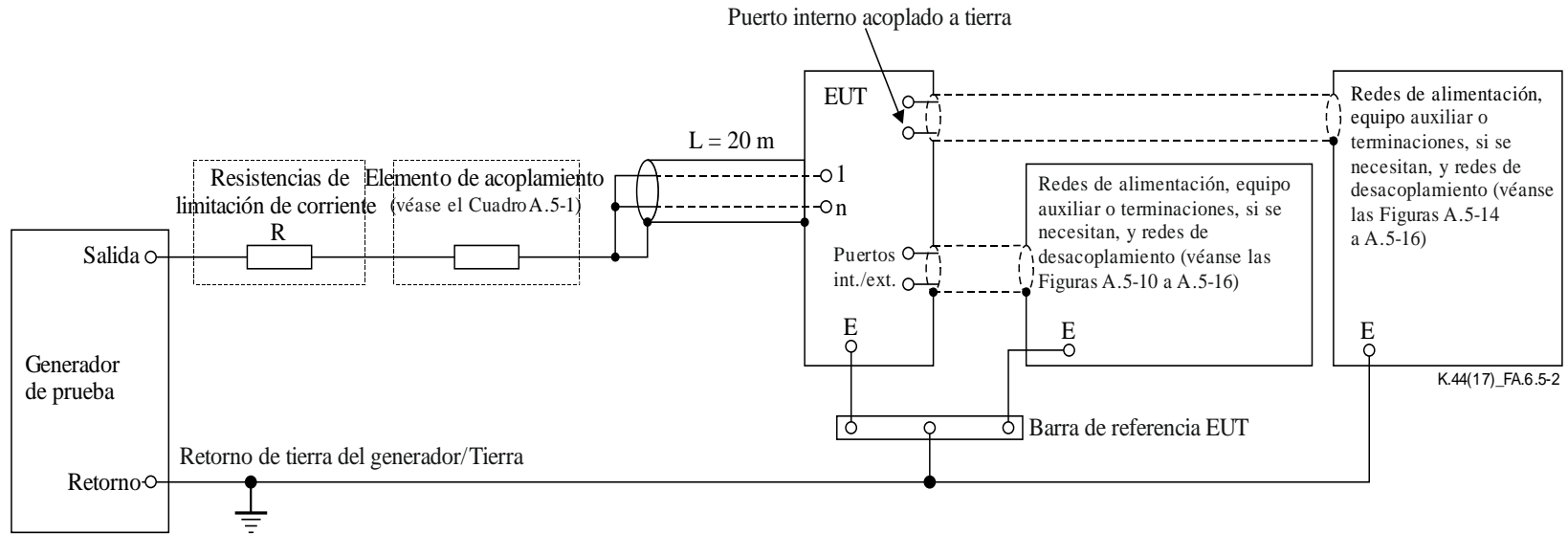
**Figura A.6.4-3 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión, sobrecorriente y aumento del potencial neutro en un puerto externo de alimentación del sector a puerto externo**



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.5-1 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un puerto interno conectado a un cable no apantallado con pares simétricos únicos o múltiples a tierra**



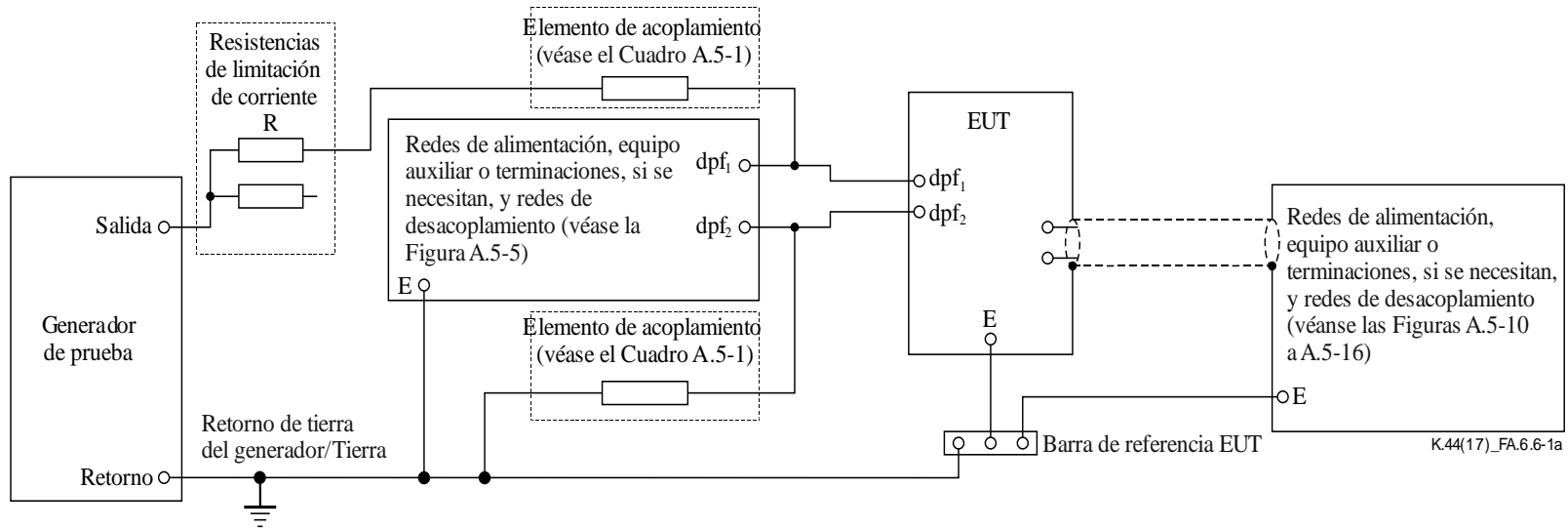
En aras de la repetibilidad de la medición, se recomienda realizar la prueba en un plano de referencia a tierra, con el cable tendido en el plano del suelo siguiendo un patrón de serpiente. Todos los conductores están conectados juntos y con la pantalla. (Motivo: en el peor de los casos, los elementos de protección insertados en el equipo auxiliar – no incluido en esta configuración de prueba – pueden causar una terminación en cortocircuito.)

La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.5-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un puerto interno conectado a un cable apantallado a tierra**

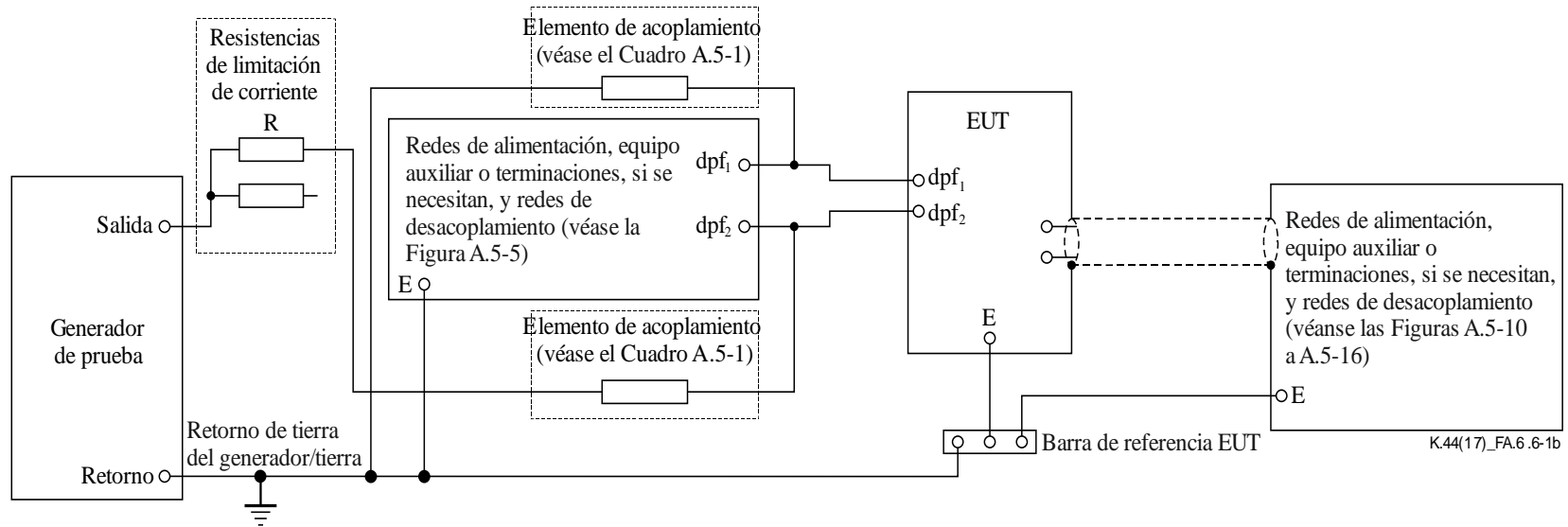




La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

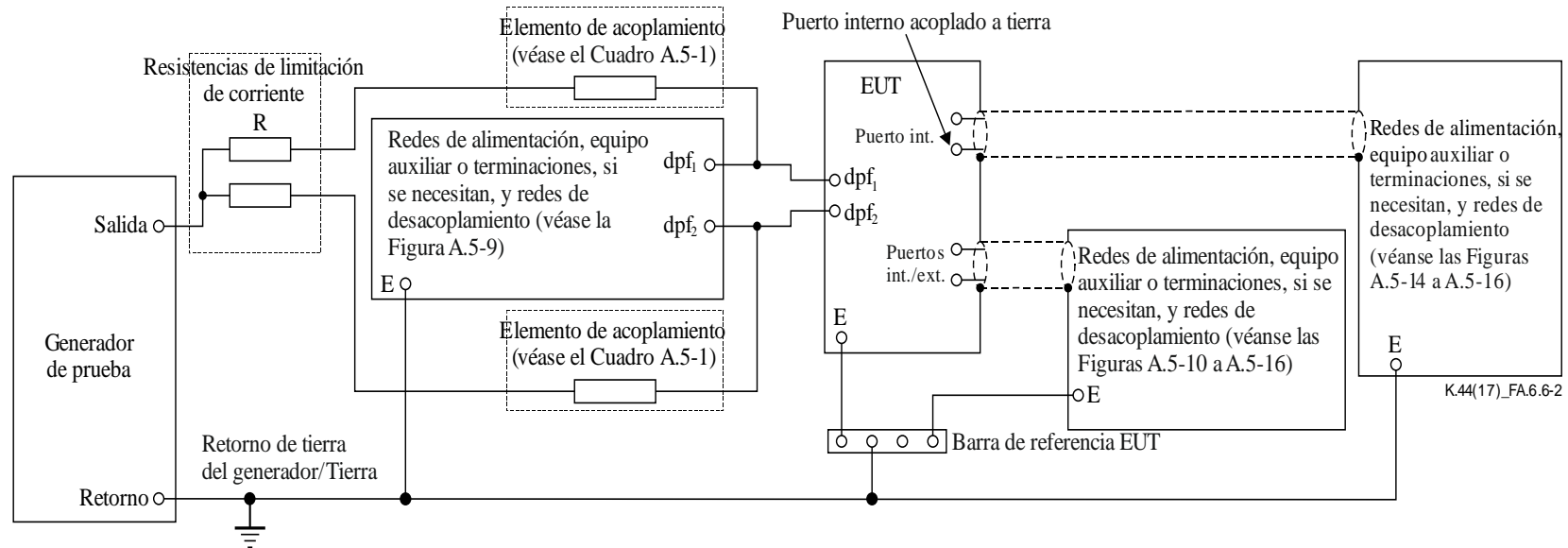
**Figura A.6.6-1a – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un puerto de interfaz de alimentación de energía de c.c. (dpf2 a tierra)**



La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) si el equipo no tiene ni punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

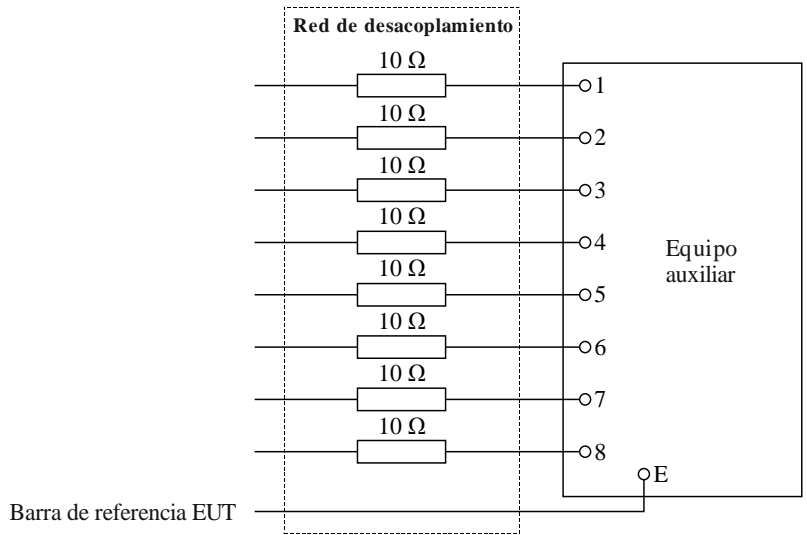
**Figura A.6.6-1b – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente transversal/diferencial en un puerto de interfaz de alimentación de energía de c.c. (dpf1 a tierra)**



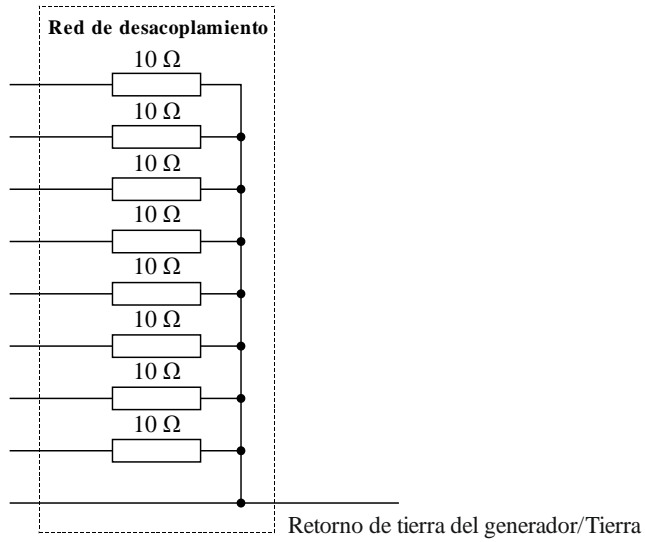
La puesta a tierra EUT es como sigue:

- 1) Si el equipo tiene un punto de tierra, conectar ese punto a la barra de referencia EUT ;
- 2) Si el equipo tiene una caja conductora, pero no tiene un punto de tierra, conectar la caja a la barra de referencia EUT ;
- 3) Si el equipo no tiene un punto de tierra ni caja conductora, dejar el equipo sin conexión .

**Figura A.6.6-2 – Ejemplo de circuito de prueba para una sobretensión o sobrecorriente en un puerto de interfaz de alimentación de energía de c.c.**



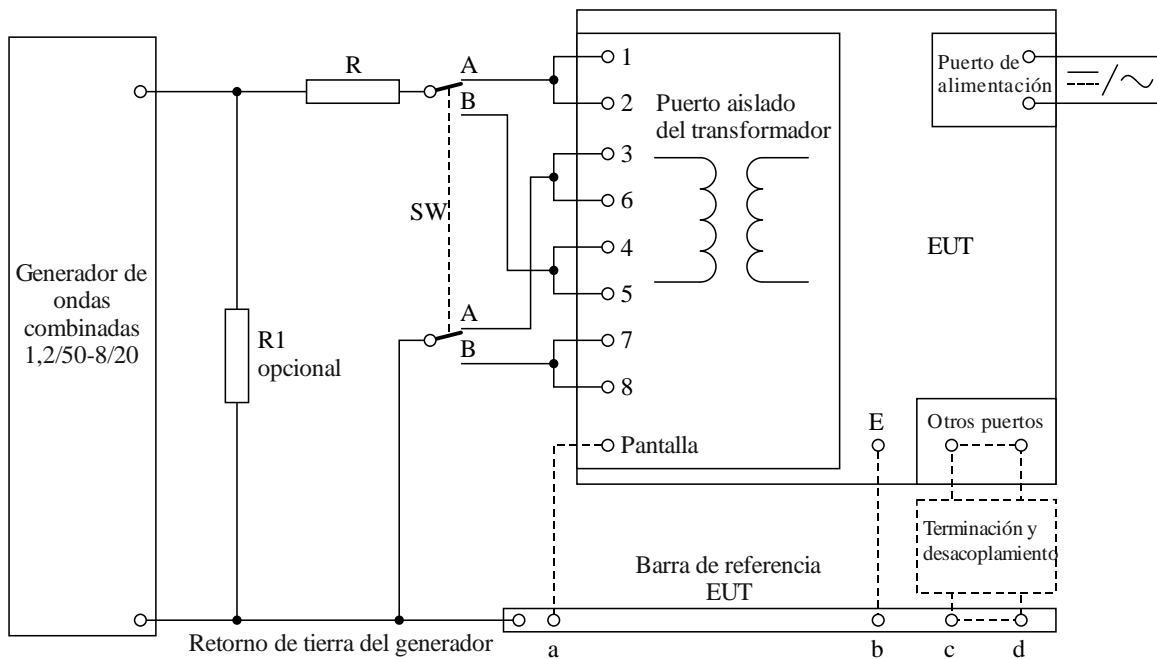
a) Terminación de un puerto Ethernet no sometido a prueba



b) Acoplamiento a tierra y terminación de un puerto Ethernet no sometido a prueba

K.44(17)\_FA.6.7-1

**Figura A.6.7-1 – Terminación y acoplamiento a tierra de puertos Ethernet no sometidos a prueba**

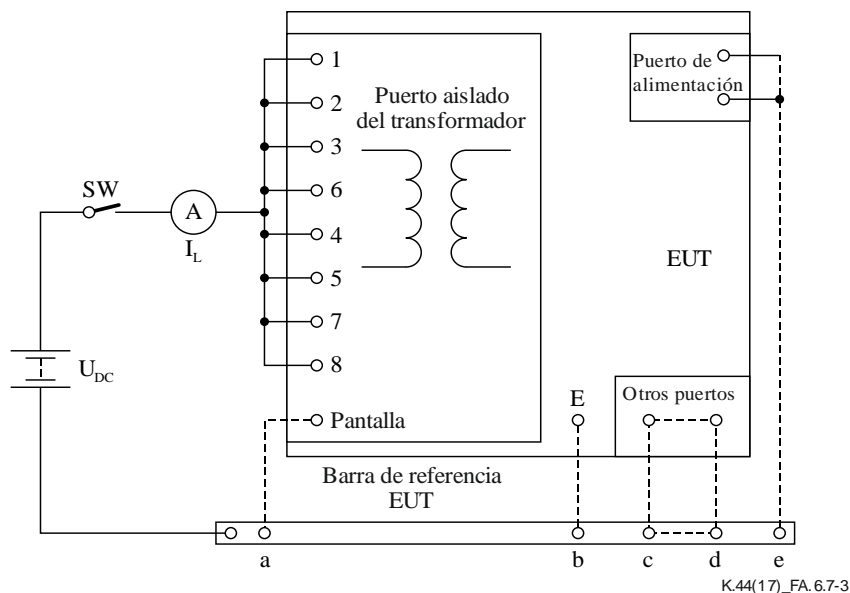


K.44(17)\_FA.6.7-2

SW en posición A: Prueba PoE Modo A, terminales de alimentación 1/2-3/6  
 SW en posición B: Prueba PoE Modo B, terminales de alimentación 4/5-7/8  
 a = conexión del cable de pantalla RJ45  
 b = conexión de puesta a tierra protectora o funcional EUT  
 c a d = terminales de todos los demás puertos de señales  
 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son números pin RJ45 Ethernet  
 R = resistor de limitación de la corriente en serie  
 R1 = resistor en paralelo opcional

NOTA – En el caso de los equipos fuente de energía (PSE), los equipos de inserción de energía en el centro del tramo y los puertos de dispositivos alimentados (PD), efectuar la prueba en posiciones Switch (SW) A y B. Si en el equipo fuente de energía se especifican los pares de alimentación, solo efectuar la prueba en esos pares.

**Figura A.6.7-2 – Circuito de prueba de descarga transversal/diferencial de par de alimentación para puerto Ethernet**

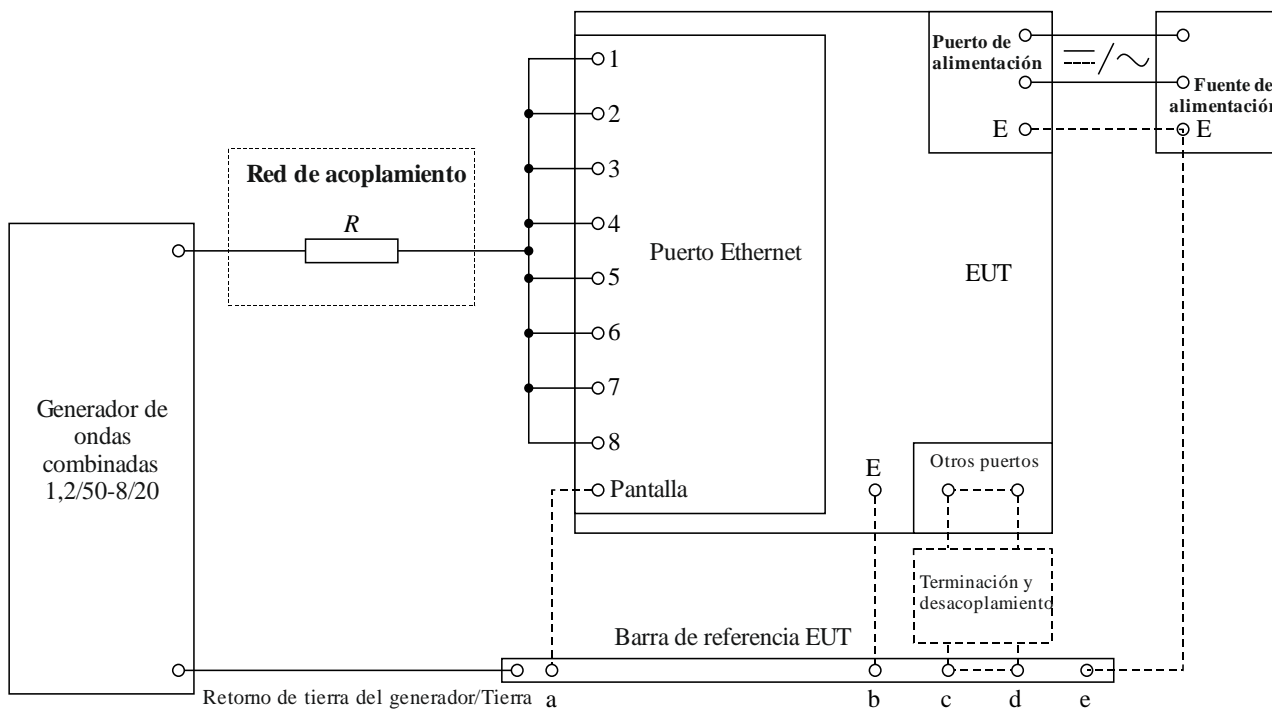


K.44(17)\_FA.6.7-3

$U_{DC}$  = Tensión de prueba en c.c. (limitada a 100 mA)  
 SW = Conmutación cerrada para la medición actual  
 A = Metro utilizado para medir la corriente de fuga,  $I_L$   
 Resistencia de aislamiento =  $U_{DC}/I_L$

Conexiones del nodo de referencia del circuito secundario, si están disponibles:  
 a = conexión del cable de pantalla RJ45  
 b = conexión con puesta a tierra protectora o funcional EUT  
 c a d = terminales de todos los demás puertos de señales  
 e = terminales del puerto de alimentación

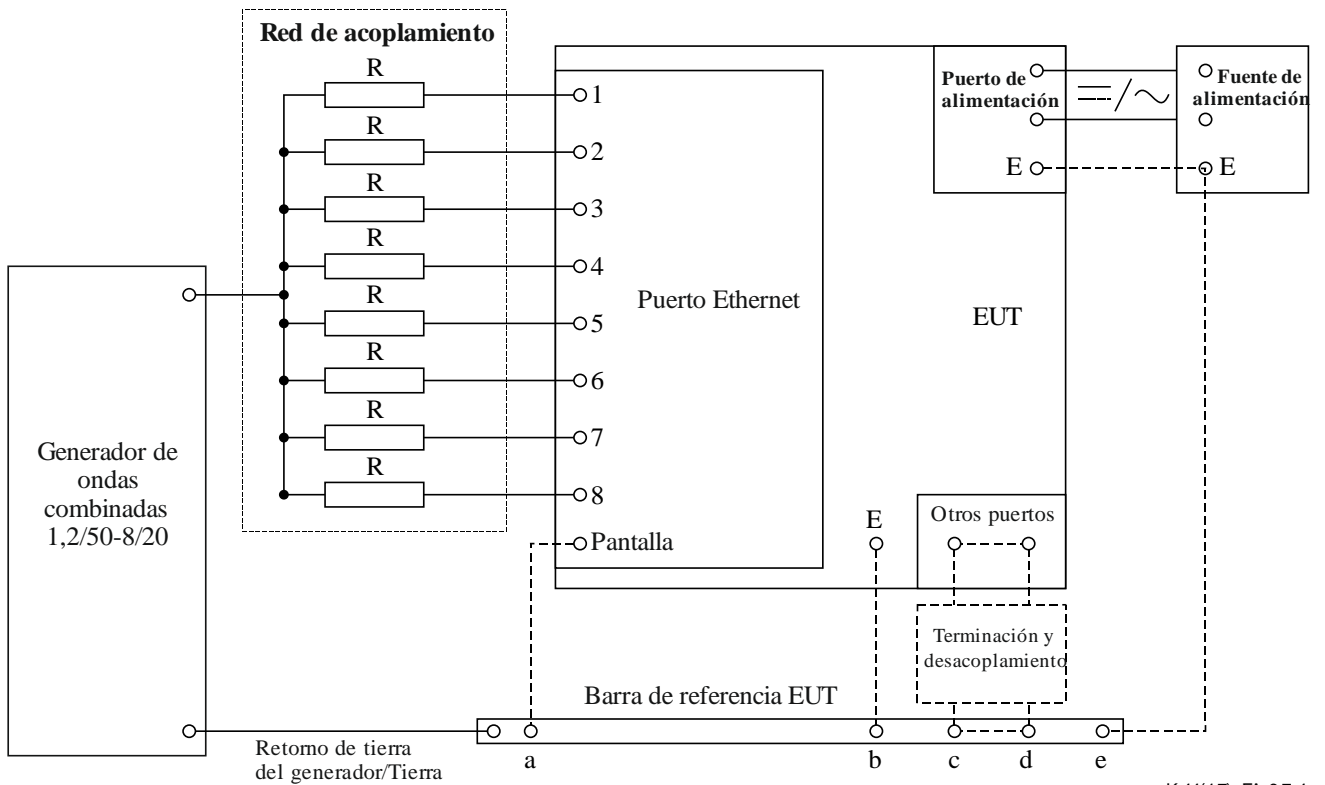
**Figura A.6.7-3 – Circuito de prueba de resistencia de aislamiento de c.c. de un puerto Ethernet**



K.44(17)\_FA.6.7-3a

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son números pin RJ45 Ethernet  
 a = conexión del cable de pantalla RJ45 para conexiones STP<sub>E</sub>  
 b = conexión de puesta a tierra protectora o funcional EUT  
 c a d = terminales de todos los demás puertos de señales

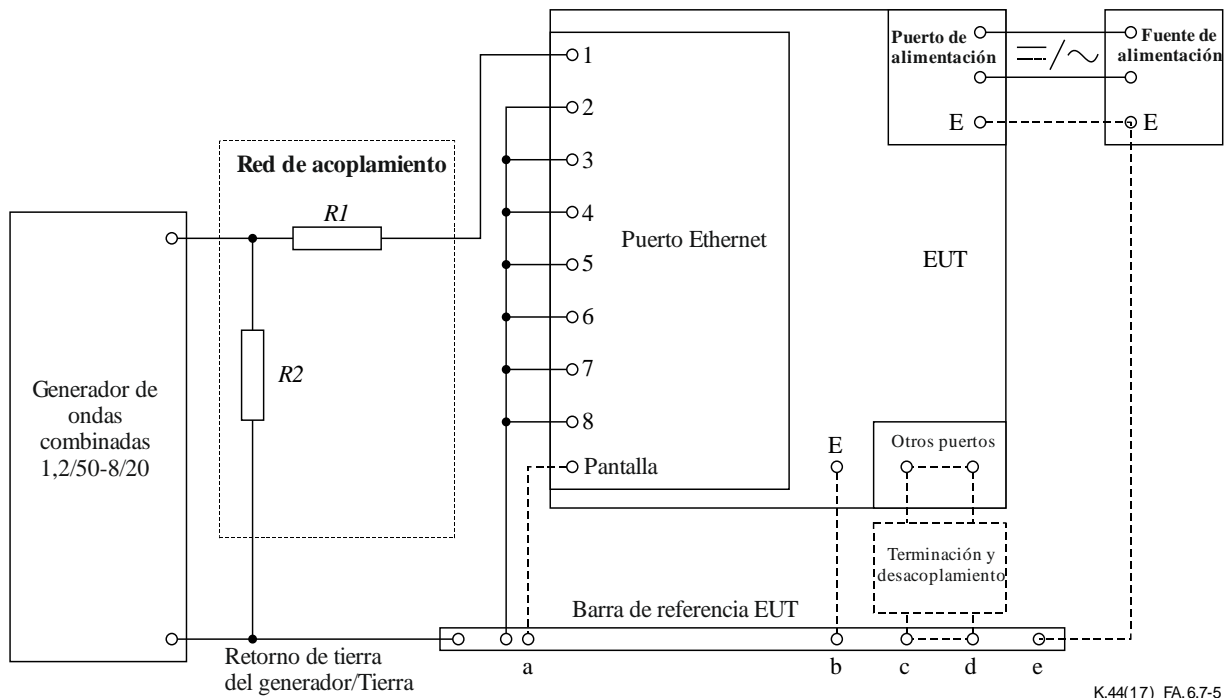
**Figura A.6.7-3a – Circuito de prueba de resistencia longitudinal/en modo común para puertos Ethernet**



K.44(17)\_FA.6.7-4

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son números pin RJ45 Ethernet
- a = Conexión del cable de pantalla RJ45 para conexiones STP<sub>E</sub>
- b = Conexión de puesta a tierra protectora o funcional EUT
- c a d = Terminales de todos los demás puertos de señales

**Figura A.6.7-4 – Circuito de prueba de sobrecarga longitudinal/en modo común para puertos Ethernet**



K.44(17)\_FA.6.7-5

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son números pin RJ45 Ethernet

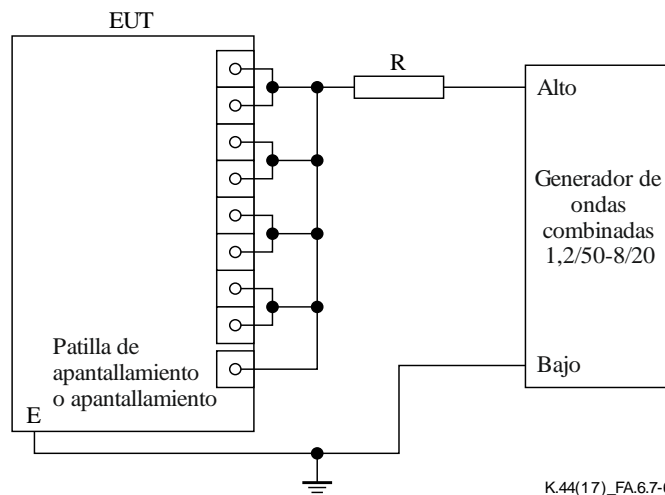
a = Conexión del cable de pantalla RJ45 para conexiones STP<sub>E</sub> connections

b = Conexión de puesta a tierra protectora o funcional EUT

c a d = Terminales de todos los demás puertos de señales

NOTA – Esta prueba se realiza a cada terminal de cada par (1, 3, 4 y 7) conectado por separado al generador uno a uno, con todos los demás terminales conectados a la barra de referencia del EUT.

**Figura A.6.7-5 – Circuito de prueba de descarga transversal/diferencial para puertos Ethernet**



K.44(17)\_FA.6.7-6

**Figura A.6.7-6 – Prueba de Ethernet por par trenzado apantallado (STP<sub>E</sub>)**



## Apéndice I

### Explicaciones que ilustran las condiciones de las pruebas

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

#### I.1 Pruebas

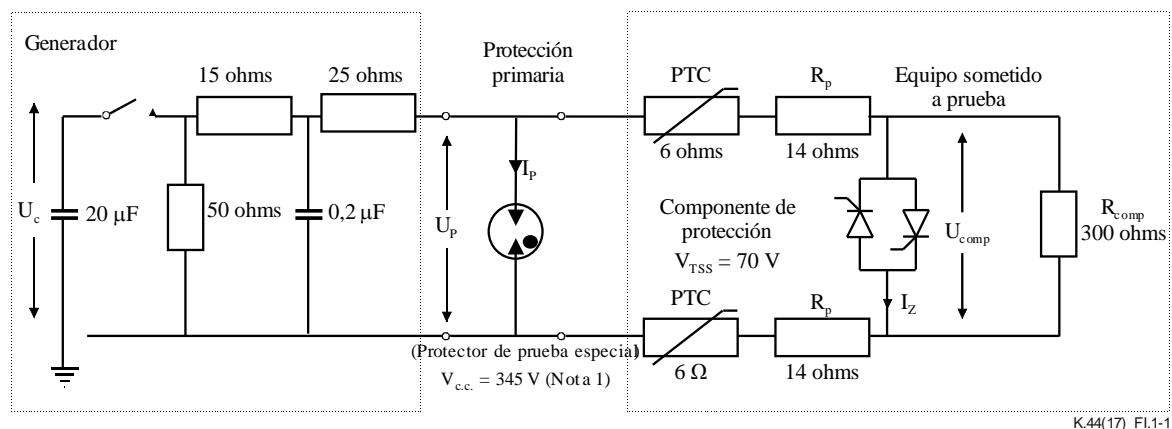
##### I.1.1 Generalidades

Para comprobar que el equipo cumple con los criterios de aceptación especificados para todos los niveles de tensión y corriente, hasta el nivel de prueba máximo, es necesario probar una amplia gama de tensiones/corrientes desde cero hasta el nivel máximo especificado o realizar "pruebas inteligentes". En las cláusulas I.1.2-I.1.4 se da información acerca de las pruebas inteligentes que reducen al mínimo el número de niveles de prueba, garantizando a la vez la realización de un número de pruebas suficiente.

##### I.1.2 Pruebas relativas a las descargas del rayo

Para comprobar que no hay posibilidades de daño en el equipo, es necesario realizar pruebas a tensiones de prueba específicas. Estas tensiones de prueba específicas están determinadas por los puntos de funcionamiento de componentes tales como el protector primario (GDT o SSA) y los dispositivos de protección de conmutación ubicados dentro del equipo. Ejemplos de estas tensiones de prueba se ilustran mediante el ejemplo de una tarjeta de línea con un PTC de  $6\ \Omega$  y un resistor de  $14\ \Omega$  en serie ( $20\ \Omega$  en total) y con un protector inherente de tipo conmutación en derivación. Esta tarjeta de línea, junto con el generador de prueba y el protector primario, se ilustran en la Figura I.1-1. Aparte del generador de prueba, toda la disposición del circuito y los valores de los componentes se han escogido únicamente a efectos explicativos y no se exponen como práctica recomendada.

Cuando la tensión de carga  $U_c$  se eleva progresivamente, los diferentes componentes están sujetos a diferentes tensiones, corrientes y energías.



NOTA 1 – Protector de prueba especial del protector primario de 230 V.

NOTA 2 – En la práctica, la resistencia total de  $R_{buffer}$  + el PTC puede variar entre 10-100 ohms y  $R_{comp}$  también puede tener distintos valores.

**Figura I.1-1 – Ejemplo de tarjeta de línea con tensiones y corrientes designadas**

Este circuito ilustra el ejemplo de una tarjeta de línea de baja impedancia de entrada cuando funciona la protección inherente. El equipo está protegido nominalmente en las zonas expuestas con un SSA o un GDT en el MDF. Se supone que se protegerá con un GDT de 230 V y que el protector primario se sustituyó por un GDT con una tensión de descarga disruptiva de 345 V de c.c. conforme a la cláusula 8.4.1 (es decir,  $300 \text{ V DC}_{\text{máx}}$  multiplicado por 1,15). El circuito ilustrado es relativo a una prueba transversal/diferencial, véase la Figura A.6.1-1a. A fin de no complicar el circuito, no se muestran los elementos de acoplamiento o desacoplamiento ni el equipo auxiliar. Las figuras ilustradas son únicamente para descargas con polaridad positiva. La resistencia de  $300 \Omega$   $R_{\text{comp}}$  representa la impedancia transversal/diferencial de los componentes que se deben proteger.

$R_{\text{buffer}}$  es una resistencia adicional. El valor de la resistencia total de  $R_{\text{buffer}}$  + el PTC puede variar en la práctica entre 10 y 100  $\Omega$ . Esta resistencia, junto con los PTC, constituye una impedancia tampón entre la protección primaria y la protección inherente para lograr la coordinación. La impedancia (resistencia) de entrada del EUT cuando entra en funcionamiento la protección inherente es  $2 \times (6 + 14)$ . En algunas aplicaciones, es posible que los PTC y las resistencias  $R_p$  estén en el MDF con la protección primaria. Obsérvese que no se recomienda que los PTC y las resistencias  $R_p$  estén en el MDF, ya que algunos operadores pueden tener MDF que no aceptan impedancias en serie. Además, es mejor que los PTC tengan la misma temperatura de la tarjeta de línea. No obstante, habrá algunas circunstancias en las que los PTC u otros tipos de protección contra las sobrecorrientes tengan que instalarse en el MDF (véase [b-UIT-T K.82] para obtener la orientación correspondiente).

$R_{\text{comp}}$  es la resistencia del circuito. Su valor puede variar con la corriente y la frecuencia. No obstante, es usual que la corriente máxima que circula a través de  $R_{\text{comp}}$  sea inferior a 0,2 A. Esta corriente es despreciable, comparada con la corriente que es conducida por la protección inherente cuando ésta funciona.

La protección inherente es un dispositivo de tipo tiristor.

Para poner a prueba rigurosamente la inmunidad del equipo, es necesario probarlo con diferentes valores para  $U_c$ .

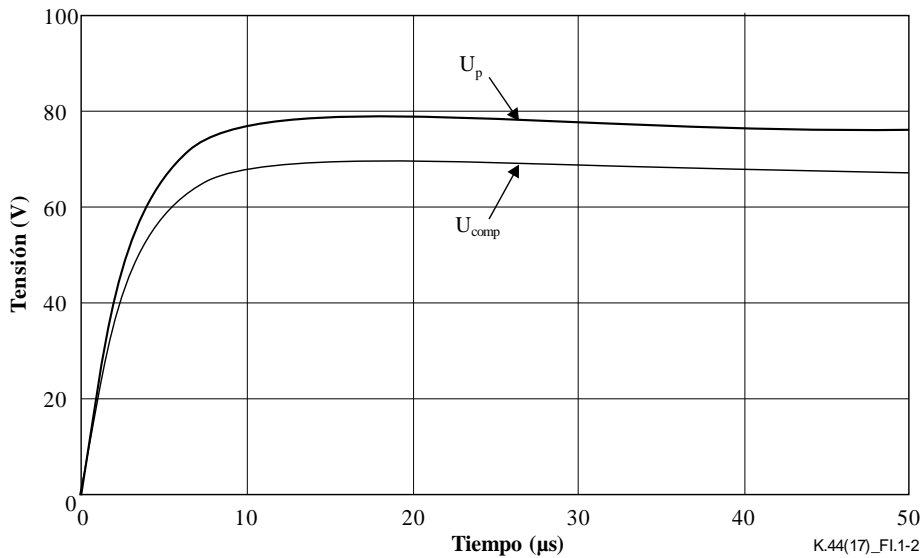
#### **I.1.2.1 Prueba de inmunidad inherente**

El valor de  $U_c$  se indica en la Recomendación del producto. El generador está preparado para aplicar las descargas necesarias.

#### **I.1.2.2 Prueba de coordinación del protector secundario**

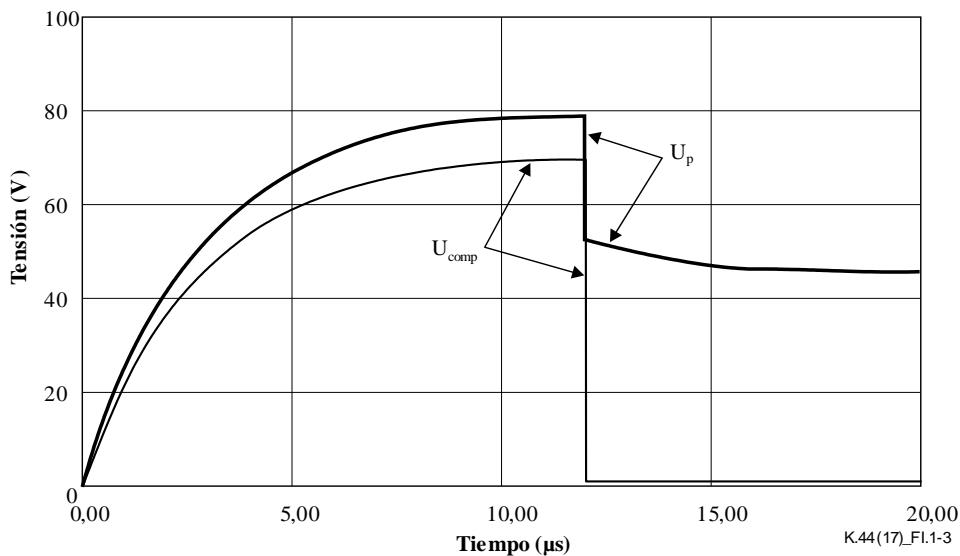
Si el equipo contiene un protector inherente de tipo conmutación, por ejemplo un tiristor, el valor de  $U_c$  se ajusta para generar un nivel de sobrecarga ligeramente inferior al que activará el protector de tipo conmutación. En la tarjeta de línea de ejemplo, el tiristor entrará en funcionamiento si la tensión que lo atraviesa rebasa su tensión de conmutación, de aproximadamente 70 V. Después de la entrada en funcionamiento del tiristor, la caída de tensión es de únicamente 1 ó 2 V.

Una  $U_c$  de 90 V produce 69 V en  $R_{\text{comp}}$  y no hay flujo de corriente en el tiristor (véase la Figura I.1-2). Éste es el punto más crítico para los componentes y deben aplicarse 10 descargas alternando la polaridad.



**Figura I.1-2 – Tensiones con  $U_c$  para obtener  $U_{comp}$  de 69 V**

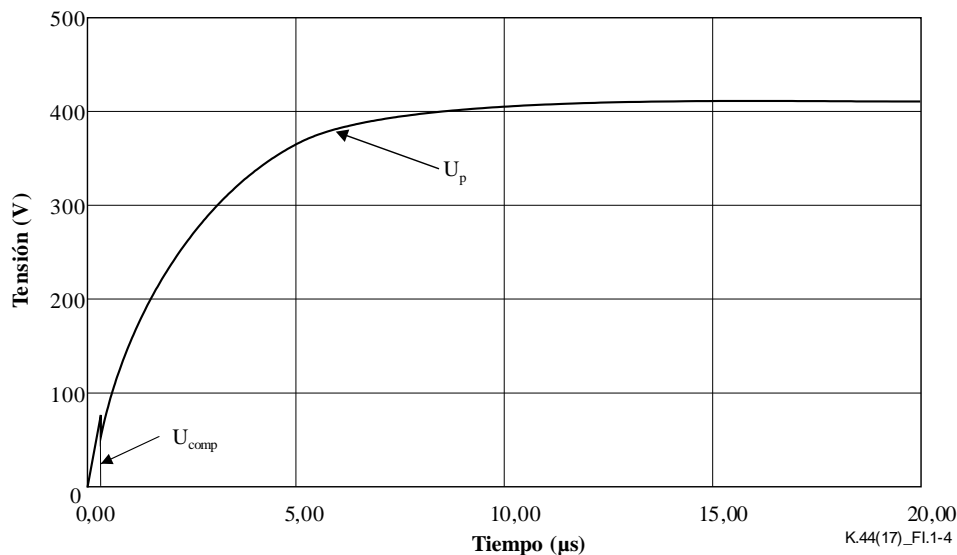
Con una  $U_c$  de 92 V, la tensión en  $R_{comp}$  supera los 70 V, la protección inherente funciona y la corriente circula a través de los PTC y las resistencias de 14  $\Omega$ , véase la Figura I.1-3. Esto limitará la tensión en los componentes que se deben proteger a 70 V.



**Figura I.1-3 – Tensiones con  $U_c$  para obtener una  $U_{comp}$  de 70 V**

### I.1.2.3 Prueba de coordinación del protector primario

Si el equipo va a estar protegido por un protector primario de tipo conmutación, por ejemplo un GDT, el valor de la  $U_c$  se ajusta para generar una sobrecarga justo inferior a la que sería necesaria para activar el protector de tipo conmutación. Al aumentar la tensión de carga  $U_c$  la tensión en los PTC y las resistencias de 14  $\Omega$ , y la corriente a través de los mismos, aumentarán hasta cuando la tensión de carga esté justo por debajo del nivel de activación de la protección primaria, véase la Figura I.1-4. En la tarjeta de línea de ejemplo, una tensión de carga  $U_c$  de 843 V es el punto más crítico para los PTC y las resistencias de 14  $\Omega$ , y deben aplicarse 10 descargas alternando la polaridad. En la Figura I.1-4 se muestra la tensión máxima de onda completa de 10/700  $\mu s$  que aparece en la entrada del equipo.

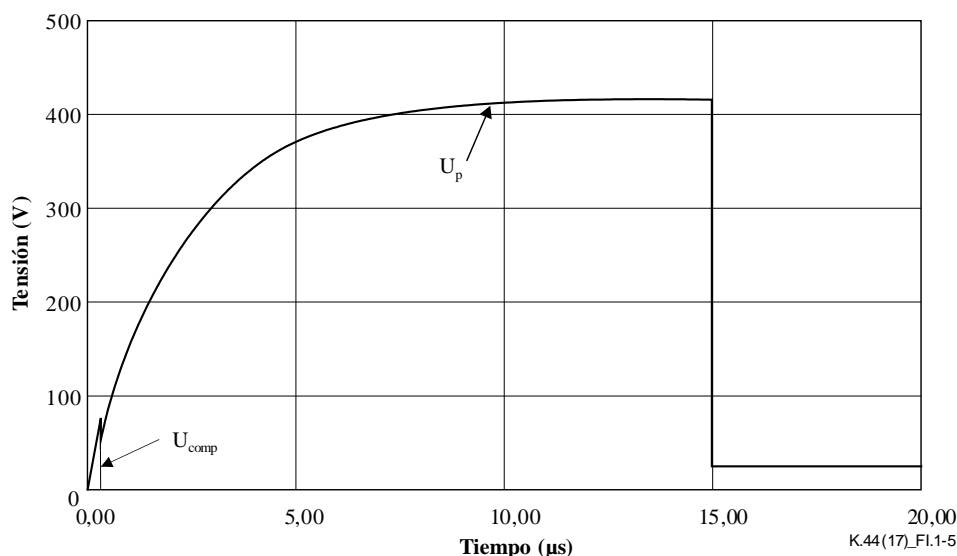


**Figura I.1-4 – Tensiones con  $U_c$  ajustada para provocar una  $U_p$  justo por debajo de la tensión disruptiva del GDT**

Con una  $U_c$  de 855 V, se activa la protección primaria y la tensión  $U_p$  cae a un valor más bajo (por lo general alrededor de 25 V). La corriente  $I_z$  que circula en el equipo cae a un valor muy bajo y es prácticamente independiente de  $U_c$ .

En la Figura I.1-5 se muestra la tensión medida  $U_p$  en la protección primaria y la tensión en los PTC y en las resistencias de 14  $\Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 855 V y un GDT con una tensión de c.c. de ruptura de 345 V, la tensión de activación del protector de prueba especial utilizado cuando el protector primario acordado es un GDT de 230 V. Las diferentes corrientes pueden calcularse a partir de las tensiones. El protector primario utilizado fue activado después de 15  $\mu s$  y la tensión máxima en el GDT fue de 420 V.

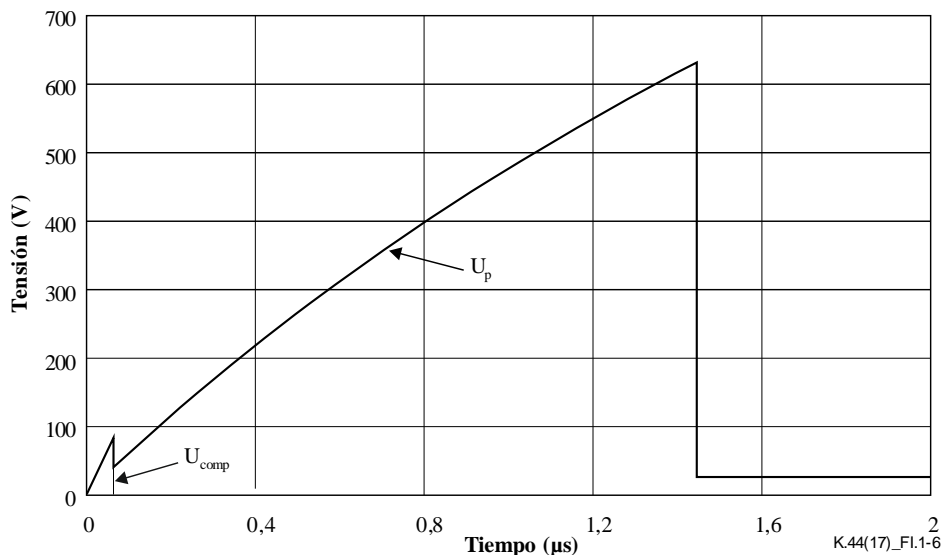
Debe observarse que, si la protección primaria no es activada durante la fase de subida, puede ser activada durante el periodo de bajada, ya que la tensión permanece inicialmente casi constante durante dicho periodo de bajada. Cuando el GDT es activado durante el periodo de bajada, la tensión de disrupción es más baja y se acerca a la tensión disruptiva de c.c.



**Figura I.1-5 – Tensión  $U_p$  en el protector de prueba especial para una tensión de carga  $U_c$  de 855 V**

#### I.1.2.4 Prueba $U_{c(max)}$

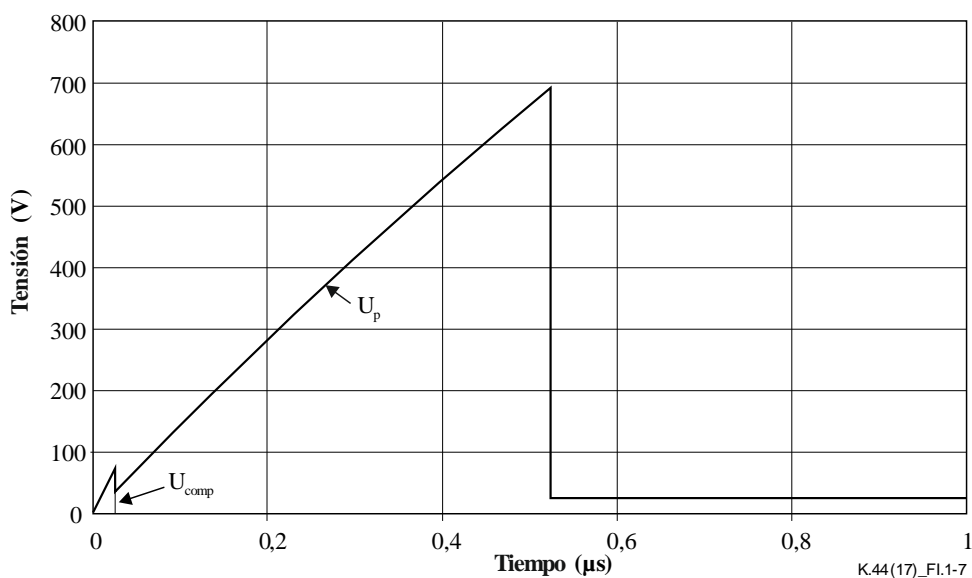
En la Figura I.1-6 se muestra la tensión medida  $U_p$  en la protección primaria y la tensión en los PTC y en las resistencias de  $14 \Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 4 kV. La protección primaria fue activada después de  $1,5 \mu s$ , y la tensión máxima en el GDT es de 632 V. Aunque la tensión es mayor, el nivel de sobrecarga transmitida al equipo es inferior.



**Figura I.1-6– Tensión  $U_p$  en el protector de prueba especial para una tensión de carga  $U_c$  de 4 kV**

#### I.1.2.5 Efectos por encima de $U_{c(max)}$

En la Figura I.1-7 se muestra la tensión medida  $U_p$  en la protección primaria y la tensión en los PTC y las resistencias de  $14 \Omega$  para una tensión de carga  $U_c$  de 10 kV. La protección primaria fue activada después de  $0,5 \mu s$ , y la tensión máxima en el GDT es de 690 V. Aunque la tensión es superior, el nivel de sobrecarga transmitida al equipo es inferior.



**Figura I.1-7 – Tensión  $U_p$  en el protector de prueba especial para una tensión de carga  $U_c$  de 10 kV**

Este ejemplo con seis tensiones de carga diferentes muestra la importancia que tiene conocer las características de la protección primaria y la protección inherente con el fin de garantizar una coordinación apropiada entre las protecciones primaria e inherente y el equipo.

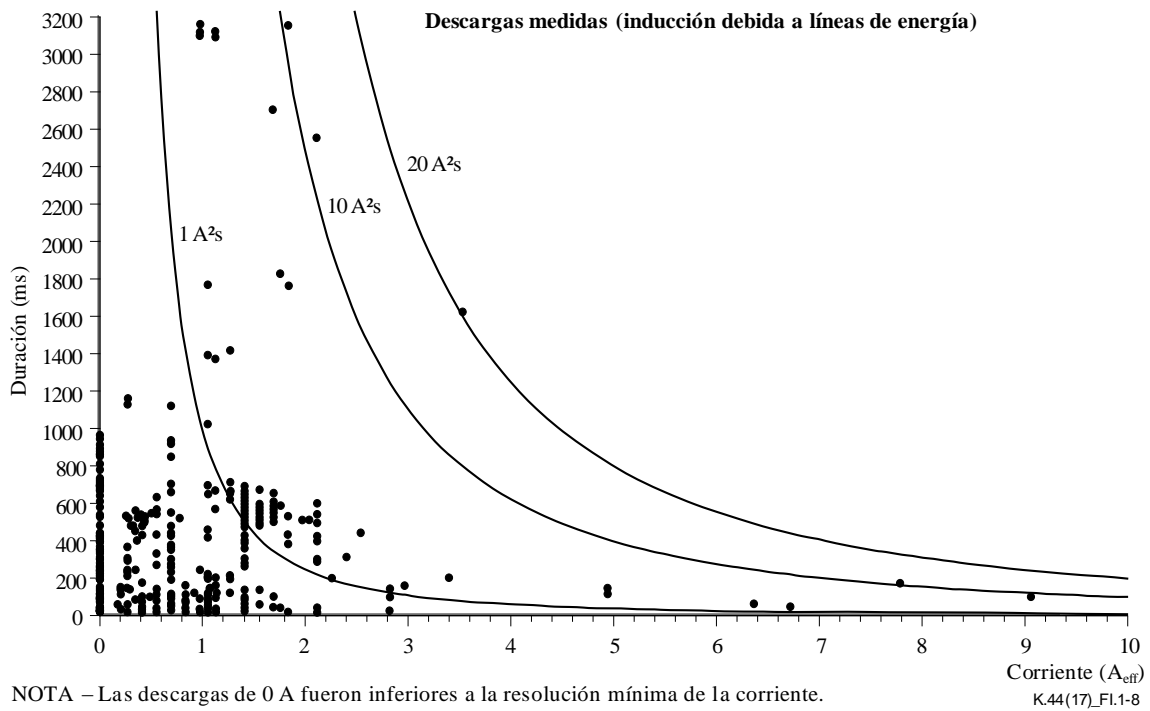
### **I.1.3 Inducción debida a líneas de energía**

Las tensiones inducidas se presentan con mayor probabilidad en líneas largas, y en el caso común cuando las líneas de los clientes no ofrecen una resistencia baja con respecto a tierra, puede considerarse que las tensiones inducidas  $E$  tienen una impedancia de fuente alta consistente en una resistencia de  $600 \Omega$  en serie con una capacidad de  $0,33 \mu\text{F}$  entre la línea y tierra, como se indica en la Figura I.1-9. El teléfono está representado por una resistencia de  $100 \Omega$  y el gancho conmutador. Los GDT indicados en la Figura I.1-9 se necesitan únicamente en las líneas situadas en áreas expuestas. Sin embargo, debido a la liberalización de los CPE, estos protectores pueden estar presentes también en líneas menos expuestas. Estos GDT se activan en el extremo de la línea de cliente en el caso de inducción a corto plazo debida a líneas de energía y cortocircuitan el teléfono y las capacitancias de la línea. Por tanto, el circuito de prueba de la Figura A.3-6 consiste únicamente en la tensión inducida  $E = U_{c.a.}$  y las resistencias  $R$ .

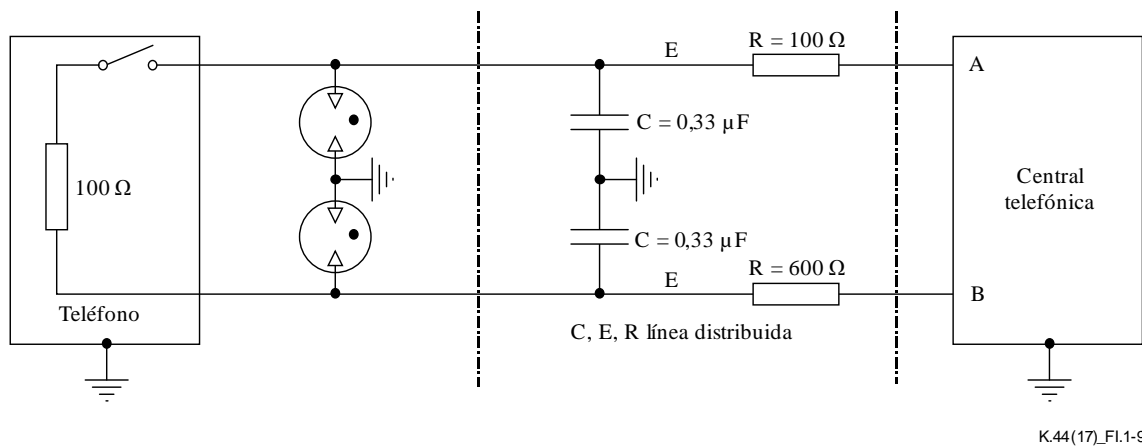
La experiencia en el terreno mostró que en algunas centrales, un gran número de tarjetas de línea fueron averiadas por la inducción debida a las líneas de energía durante las tormentas. Los daños aparecieron únicamente en zonas rurales expuestas. Las corrientes inducidas en esas líneas y que causaron los daños a las tarjetas de línea se midieron en unos pocos casos, obteniéndose valores comprendidos entre 4 y 6 A y duraciones comprendidas entre 200 y 500 ms, es decir, valores de  $I^2t$  de hasta  $10\text{-}20 \text{ A}^2\text{s}$ . En la Figura I.1-8 se muestran las medidas de la inducción debida a las líneas de energía en Australia.

Estas sobrecorrientes con altos valores de  $I^2t$  se consideran acontecimientos raros; por consiguiente, se convino en que la prueba de inducción, con protección primaria acordada, debe simular una sobrecorriente con una  $I^2t$  de  $1 \text{ A}^2\text{s}$  para el requisito básico y de  $10 \text{ A}^2\text{s}$  para el requisito mejorado.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los laboratorios de prueba disponían únicamente de un circuito de prueba con una tensión de prueba máxima de 600 V, se decidió definir, para la prueba de inducción correspondiente al requisito básico, este valor de tensión máxima  $U_{c.a.(m\acute{a}x)} = 600 \text{ V}$  y aumentar la duración de la prueba hasta 1 s.

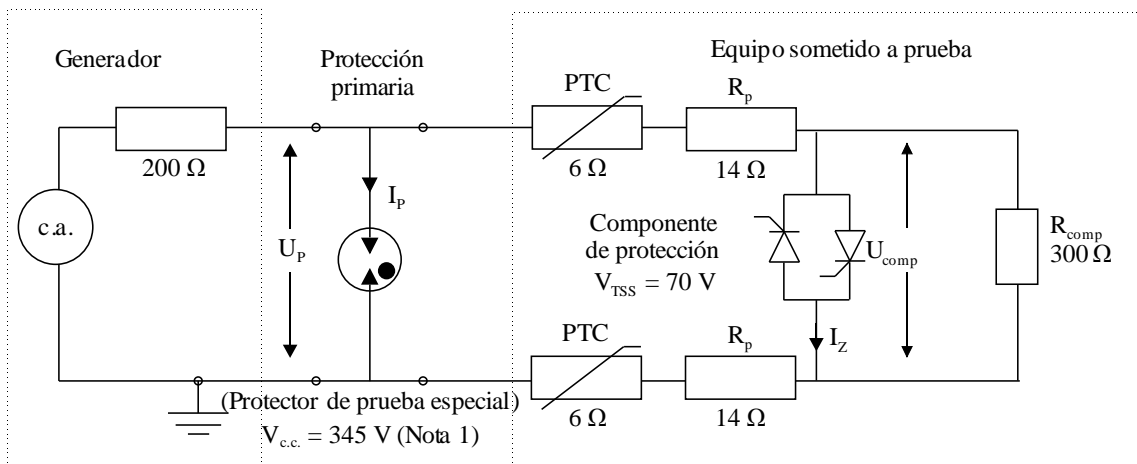


**Figura I.1-8 – Sobrecorrientes por inducción debida a líneas de energía medidas en Australia**



**Figura I.1-9 – Circuito equivalente de una línea de telecomunicación durante la inducción debida a líneas de energía**

De la misma manera que con la prueba relativa a las descargas producidas por el rayo, también es necesario tener presente la necesidad de realizar pruebas a niveles de tensión específicos cuando se realizan las pruebas relativas a la inducción debida a líneas de energía. En la Figura I.1-10 se muestra un ejemplo de circuito de tarjeta de línea que utiliza un PTC y un protector de conmutación. Durante las pruebas se supervisaron los puntos  $U_p$ ,  $I_p$ ,  $U_{\text{comp}}$  e  $I_z$ , con el fin de ilustrar el funcionamiento de varios componentes. La comprobación interna del equipo se realizó para ayudar a los diseñadores y a los encargados de efectuar las pruebas a comprender los aspectos que es necesario considerar al realizar las pruebas del equipo. No es necesario realizar la comprobación interna del equipo durante las pruebas de homologación.



K.44(17)\_FI.1-10

NOTA 1 – Protector de prueba especial para protector primario de 230 V.

NOTA 2 – En la práctica, la resistencia total de  $R_{buffer}$  + el PTC puede variar entre 10-100 ohms y 10-100  $\Omega$  y  $R_{comp}$  también puede tener distintos valores.

**Figura I.1-10 – Ejemplo de circuito**

Al igual que en las pruebas de descarga de rayos, las pruebas de inducción debida a líneas de energía deben realizarse a niveles de prueba específicos.

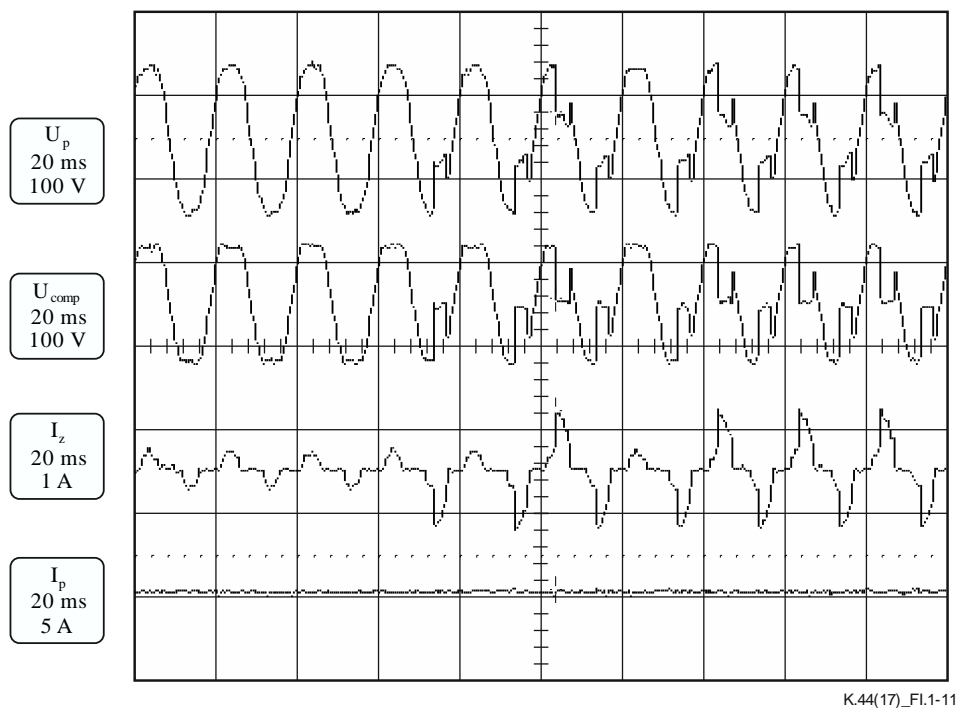
### I.1.3.1 Prueba de inmunidad inherente

El valor de  $U_{a.c.}$  y la duración se indican en la Recomendación del producto. El generador está preparado para aplicar las descargas necesarias.

### I.1.3.2 Prueba de coordinación del protector secundario

Si el equipo contiene un protector inherente de tipo conmutación, por ejemplo un tiristor, el valor de  $U_{a.c.}$  se ajusta para generar una sobrecarga justo inferior a la que activaría el protector de tipo conmutación. Al aumentar la tensión de prueba desde cero voltios, se observa que el dispositivo de conmutación empieza a funcionar en la cresta de la tensión (véase la Figura I.1-11). Esto puede deberse a un incremento marginal de la tensión de generador. Una tensión de generador apenas por debajo de la que desencadena la protección inherente para la protección inherente de tipo conmutación y limitación es el punto de máxima carga de tensión para los componentes que se deben proteger. Deben aplicarse cinco descargas con una tensión de generador apenas inferior a la que activa la protección inherente.



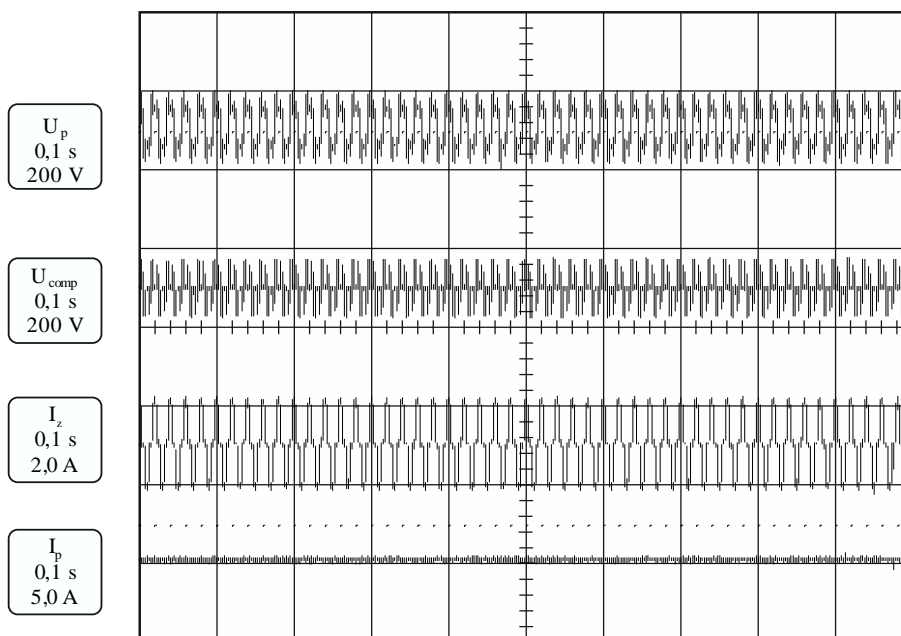


K.44(17)\_Fl.1-11

**Figura I.1-11 –  $U_{c.a.} = 127 V_{eff}$ , el protector inherente de conmutación empieza a funcionar**

### I.1.3.3 Prueba de funcionamiento del protector secundario

Al seguir aumentando la tensión de prueba, se observa que los dispositivos de conmutación funcionan durante todo el periodo de prueba aunque no hay suficiente calentamiento del PTC para provocar su funcionamiento, véase la Figura I.1-12. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas. Esta prueba se aplica tanto si hay PTC como si no.

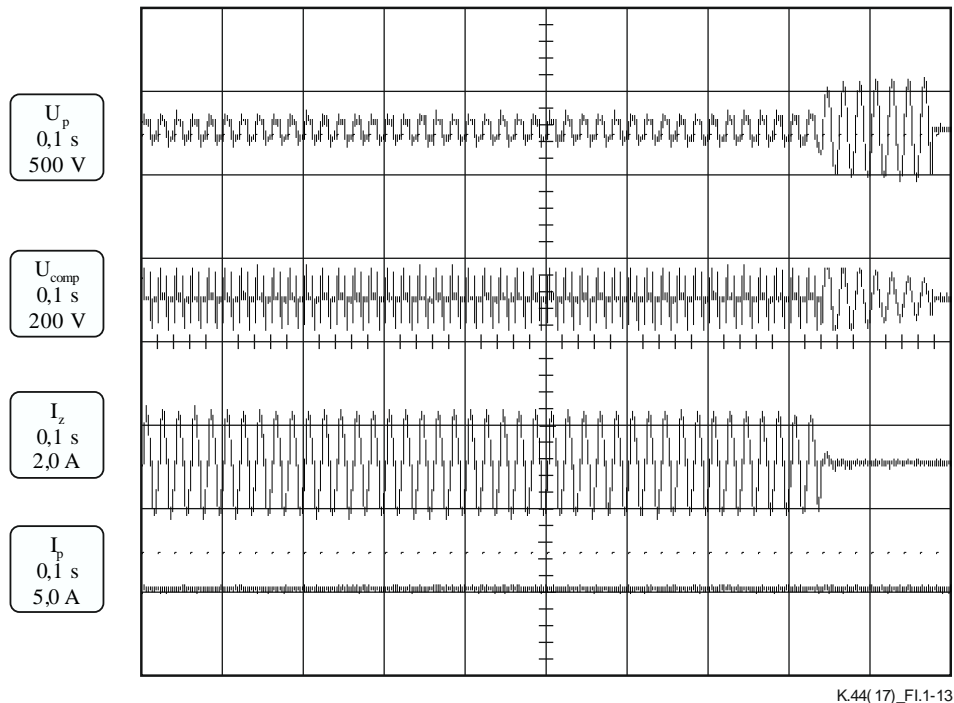


K.44(17)\_Fl.1-12

**Figura I.1-12 –  $U_{c.a.} = 200 V_{eff}$ , funcionamiento del protector inherente de conmutación, sin funcionamiento del PTC**

### I.1.3.4 Energía mínima para poner en funcionamiento PTC

Esta prueba se aplica solamente a los equipos con PTC. Como la  $U_{c.a.}$  sigue aumentando el PTC empieza a funcionar al final del periodo de prueba. En algunos casos el valor de  $U_{c.a.}$  no podrá ser lo suficientemente alta para activar el protector de prueba especial, véase la Figura I.1-13. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas.



**Figura I.1-13 –  $U_{c.a.} = 220 V_{eff}$ , el PTC empieza a funcionar al final de la prueba (2s), por debajo de la tensión de activación del protector de prueba especial**

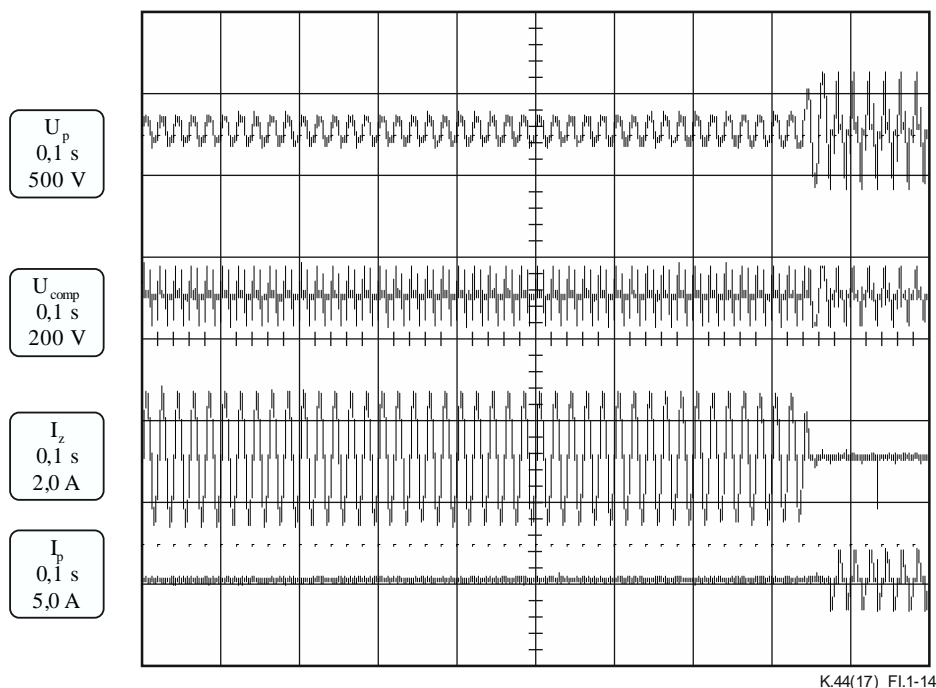
### I.1.3.5 Prueba de coordinación del protector primario

#### I.1.3.5.1 Prueba de coordinación del protector primario para equipos sin PTC

Al seguir aumentando  $U_{c.a.}$  el protector de prueba especial empezará a funcionar.  $U_{c.a.}$  se reduce en una cantidad mínima hasta que el protector de prueba especial no funciona y entonces se aplican cinco descargas.

#### I.1.3.5.2 Prueba de coordinación del protector primario para equipos con PTC

Al seguir aumentando  $U_{c.a.}$  el protector de prueba especial empezará a funcionar al final de la prueba de duración, véase la Figura I.1-14. Con esta tensión de generador se deberían aplicar cinco descargas.



**Figura I.1-14 –  $U_{c.a.} = 280 V_{eff}$ , funcionamiento del protector de prueba especial**

### I.1.3.6 Prueba $U_{c.a.(máx)}$

También es necesario aplicar cinco descargas con el generador puesto en  $U_{c.a.(máx)}$ , dado que éste es el punto de máxima carga de corriente para el PTC.

En todos los casos en los que funcione el PTC puede resultar necesario esperar aproximadamente 15 minutos entre descargas para permitir que el PTC se enfríe.

### I.1.4 Contacto con líneas de energía

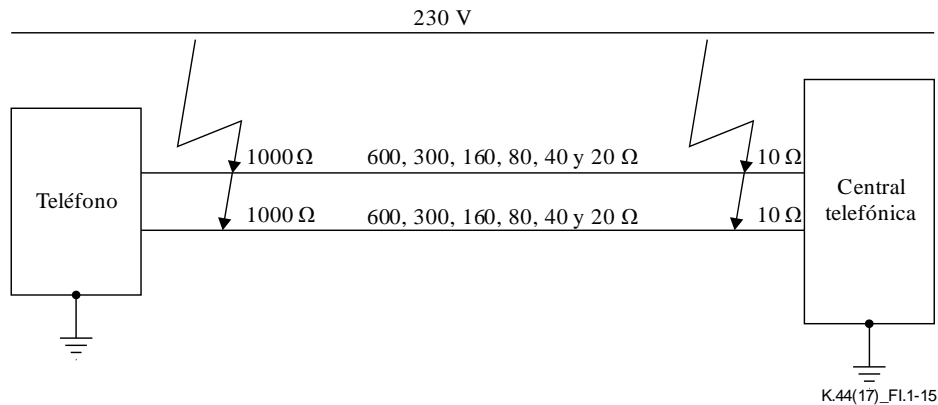
Al contacto con líneas de energía puede haber descargas de la amplitud de la tensión de la red. La tensión máxima es nominalmente  $240 V_{eff}$ . Se considera que la resistencia entre la fuente y el equipo está comprendida entre  $10 \Omega$  y  $1000 \Omega$ .

El contacto directo con líneas de energía puede ocurrir a través de líneas de la red o fallos del cable, CPE defectuosos o no homologados, o por otras causas. Es posible que el contacto no haga funcionar un interruptor de circuito del sistema de energía. Las corrientes c.a. resultantes del contacto directo pueden hacer que la protección eficaz sea difícil y costosa. Habida cuenta de que estos acontecimientos son raros, no se exige que los equipos resistan a las sobretensiones o sobrecorrientes producidas por los contactos directos, sino que fallen de manera aceptable.

Pueden surgir los siguientes peligros particulares para el equipo:

- Contacto cerca del equipo donde la resistencia combinada del circuito de cable y la terminación de equipo es baja y se produce una alta corriente. Esta condición se simula en la prueba de la Figura I.1-15 mediante una resistencia de  $10 \Omega$ . La corriente de la prueba puede limitarse a valores más bajos, según las reglamentaciones nacionales.
- Contacto a la distancia máxima del equipo en que la resistencia combinada del circuito de cable y la terminación de equipo es alta y circula de manera permanente una corriente pequeña pero perjudicial. Esta condición se simula mediante una resistencia de  $1000 \Omega$ .
- La experiencia muestra que, en la realidad, con valores comprendidos entre  $10$  y  $1000 \Omega$ , los equipos son extremadamente susceptibles a los daños y al peligro de incendio debido al recalentamiento que produce la corriente.

Al producirse el contacto con las líneas de energía hay generalmente una tensión de fuente igual a la tensión de la red local. La resistencia entre la fuente y la tarjeta de línea consiste en la resistencia de la línea y la resistencia en el contacto defectuoso. La experiencia ha mostrado que la situación más desfavorable puede ocurrir en una estrecha gama de resistencias. Para garantizar la comprobación de la condición más desfavorable se utilizan los siguientes valores de resistencias de prueba: 10  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 40  $\Omega$ , 80  $\Omega$ , 160  $\Omega$ , 300  $\Omega$ , 600  $\Omega$  y 1000  $\Omega$ .



**Figura I.1-15 – Mecanismo del contacto con líneas de alimentación de energía**

Durante el periodo de estudios se acordó revisar las pruebas de contacto con líneas de energía con estos ocho valores de resistencia como resultado de un problema experimentado por British Telecom. Sin embargo, teniendo en cuenta que la prueba de contacto con líneas de energía tiene una duración de 15 minutos, se llegó a la conclusión de que realizar las pruebas con los 8 resistores era demasiado oneroso, y que la elección de los resistores intermedios debía quedar a discreción de la persona que realiza la prueba. Hubo también cierto debate acerca de la posibilidad de reducir la duración de la prueba cuando no afecta al resultado. En este caso, es necesario dar orientación acerca de la elección del resistor de prueba y de la duración de la misma.

Existen tres métodos de diseño conocidos para realizar la prueba de contacto con líneas de energía, a saber: utilizar un limitador de corriente electrónica (ECL), utilizar un termistor con coeficiente de temperatura positivo (PTC), o utilizar un enlace fusible en serie con la corriente de línea. Tanto para el enlace fusible como para el PTC, desde el punto de vista del circuito el peor caso es el resistor de prueba que produce la máxima transferencia de energía en el circuito. Esto puede determinarse haciendo pruebas con todos los valores de los resistores de prueba y determinando la energía máxima con un osciloscopio gracias a la medición de la tensión a la entrada del circuito y de la corriente que circula en el circuito, integrando luego el producto de la tensión y la corriente en el tiempo.

- a) Un enlace o un resistor fusible están diseñados para recalentarse e interrumpir el circuito, impidiendo así la circulación de una corriente excesiva en el equipo. Cuando se reduce al mínimo el número de pruebas, éstas deben realizarse con el resistor de 10  $\Omega$  y con el resistor de prueba que causa la disipación de energía térmica máxima en el circuito. Cuando está probado que el resistor no se contractará y reconectará el circuito al enfriarse, la prueba puede pararse una vez que la corriente ha sido interrumpida.
- b) Un PTC está concebido para que sea de "gran resistencia" cuando circula por él una corriente excesiva. La corriente de caso más desfavorable para un PTC es el resistor más bajo, es decir, la corriente de cresta más alta. Cuando se reduce al mínimo el número de pruebas, debe utilizarse la resistencia que causa la disipación de energía máxima en el circuito y la resistencia de 10  $\Omega$ .

Generalmente, una vez que el PTC ha funcionado, la corriente estará limitada a valores bajos y no habrá cambios durante el resto de la prueba. No obstante, ha habido casos en que el PTC ha empezado a fallar al final de la duración, lo que puede causar un recalentamiento excesivo y la posibilidad de incendio. Asimismo, ha habido casos en que el PTC forma un oscilador de relajación con una constante de tiempo larga. Sin embargo, cuando está probado que el PTC no fallará durante la prueba o que no hay otro factor que altere el resultado de la misma, ésta puede pararse una vez que la corriente se ha estabilizado en un valor bajo, lo que impedirá que se produzca una situación de recalentamiento.

Si no puede determinarse la resistencia del caso más desfavorable, la prueba debe realizarse con todos los valores de resistencia.

## **I.1.5 Fundamento para las condiciones de las pruebas**

### **I.1.5.1 Pruebas de puerto a puerto y de puerto a tierra**

La comprobación correcta de los equipos es una tarea compleja. Hay muchos tipos de prácticas de construcción de equipos, ubicaciones de equipos y prácticas de puesta a tierra y de continuidad eléctrica.

Los equipos se pueden clasificar en general según si están puestos a tierra o si no tienen conexión a tierra (no puestos a tierra).

Los equipos pueden instalarse en un centro de telecomunicaciones, donde la resistencia a tierra probablemente sea  $<2 \Omega$ , en la red de acceso o interurbana, donde la resistencia puede ser de hasta  $30 \Omega$ , o en las instalaciones del cliente, donde la resistencia a tierra puede ser de hasta  $300 \Omega$ .

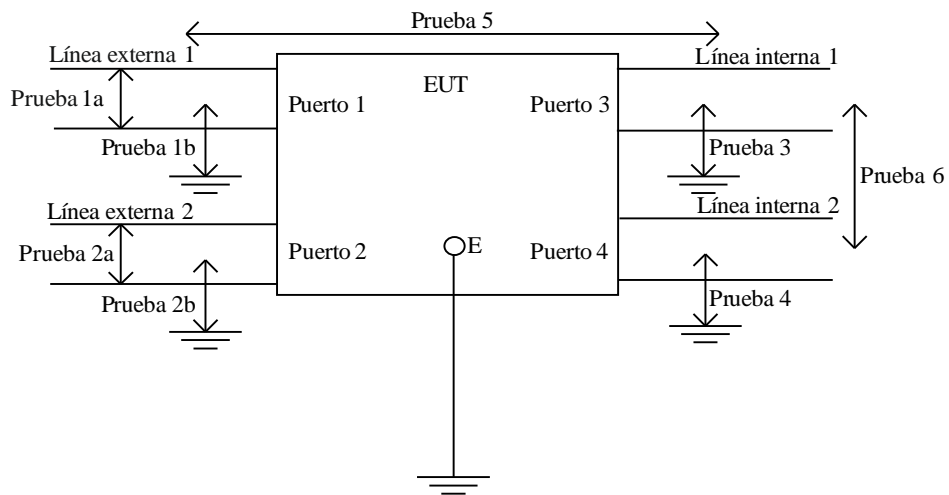
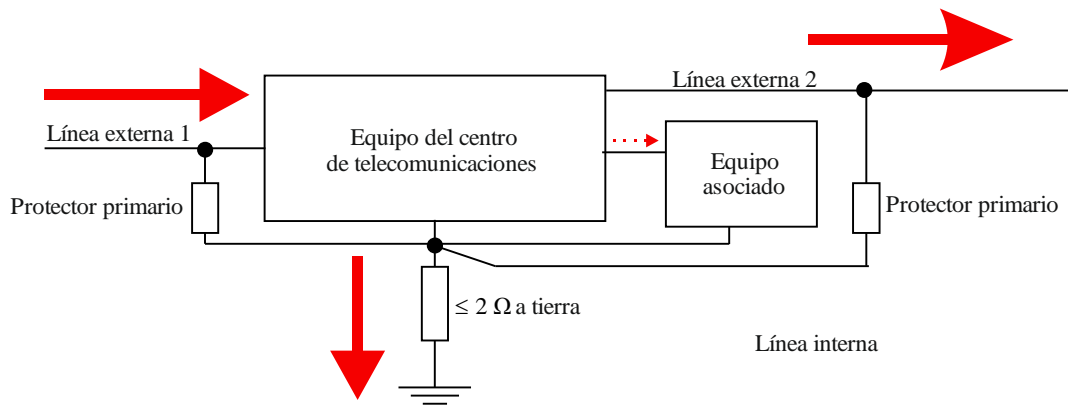
En algunos países, se puede utilizar un sistema de distribución de energía IT o TT. En esos casos, la red eléctrica no está conectada al sistema de puesta a tierra de las instalaciones del cliente. Esto en ocasiones se conoce como un sistema de puesta a tierra separado.

Independientemente de que el equipo esté puesto a tierra, la resistencia a tierra de la instalación afecta a la distribución de la corriente de sobrecargas entrante. Esta distribución de la corriente de sobrecargas determina el método de prueba requerido (véanse las Figuras I.1-16-I.1-18).

En la Figura I.1-16, el centro de telecomunicaciones tiene una resistencia a tierra de  $\leq 2 \Omega$ ; se puede ver que la mayor parte de la corriente de sobrecarga será conducida de puerto externo a tierra. Por consiguiente, solo es necesario realizar pruebas de línea a línea y de puerto a tierra en los puertos externos del equipo. Cabe señalar que la prueba de puerto externo a puerto interno que figura en la cláusula 7.2 está incluida en la prueba de puerto externo a tierra. En el caso de los puertos internos, solo es necesario realizar pruebas de puertos internos a tierra. Cabe señalar que la prueba de puerto interno a puerto interno que figura en la cláusula 7.2 está incluida en la prueba de puerto interno a tierra.

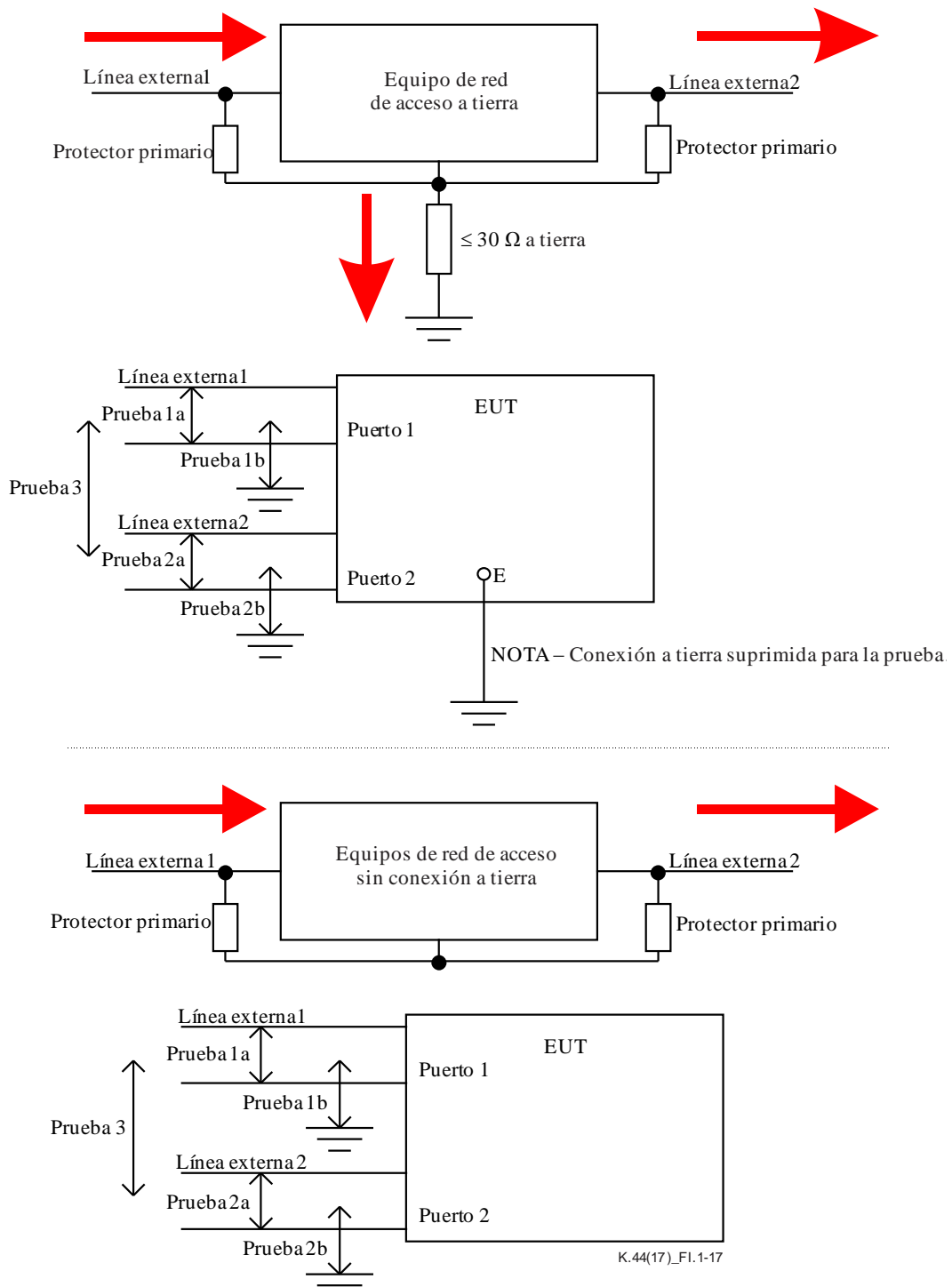
En la Figura I.1-17, se puede observar que, en el caso de los equipos de red de acceso a tierra, una parte significativa de la corriente puede conducirse de puerto a tierra y de puerto a puerto. Por lo tanto, será necesario realizar pruebas línea a línea, puerto a tierra y puerto a puerto. En el caso de los equipos de red de acceso sin conexión a tierra, si bien buena parte de la corriente solo se conduce de puerto a puerto en los puertos externos del equipo, para comprobar los efectos de la corriente capacitiva sigue siendo necesario realizar también pruebas de puerto a tierra.

En la Figura I.1-18, se puede observar que, en el caso de los equipos de cliente puestos a tierra, una parte significativa de la corriente puede conducirse tanto de puerto a tierra como de puerto a puerto. Por lo tanto, será necesario realizar pruebas línea a línea, puerto a tierra y puerto a puerto. En el caso de los equipos de cliente sin conexión a tierra, si bien buena parte de la corriente solo se conduce de puerto a puerto en los puertos externos del equipo, para comprobar los efectos de la corriente capacitiva también es necesario realizar pruebas de puerto a tierra.

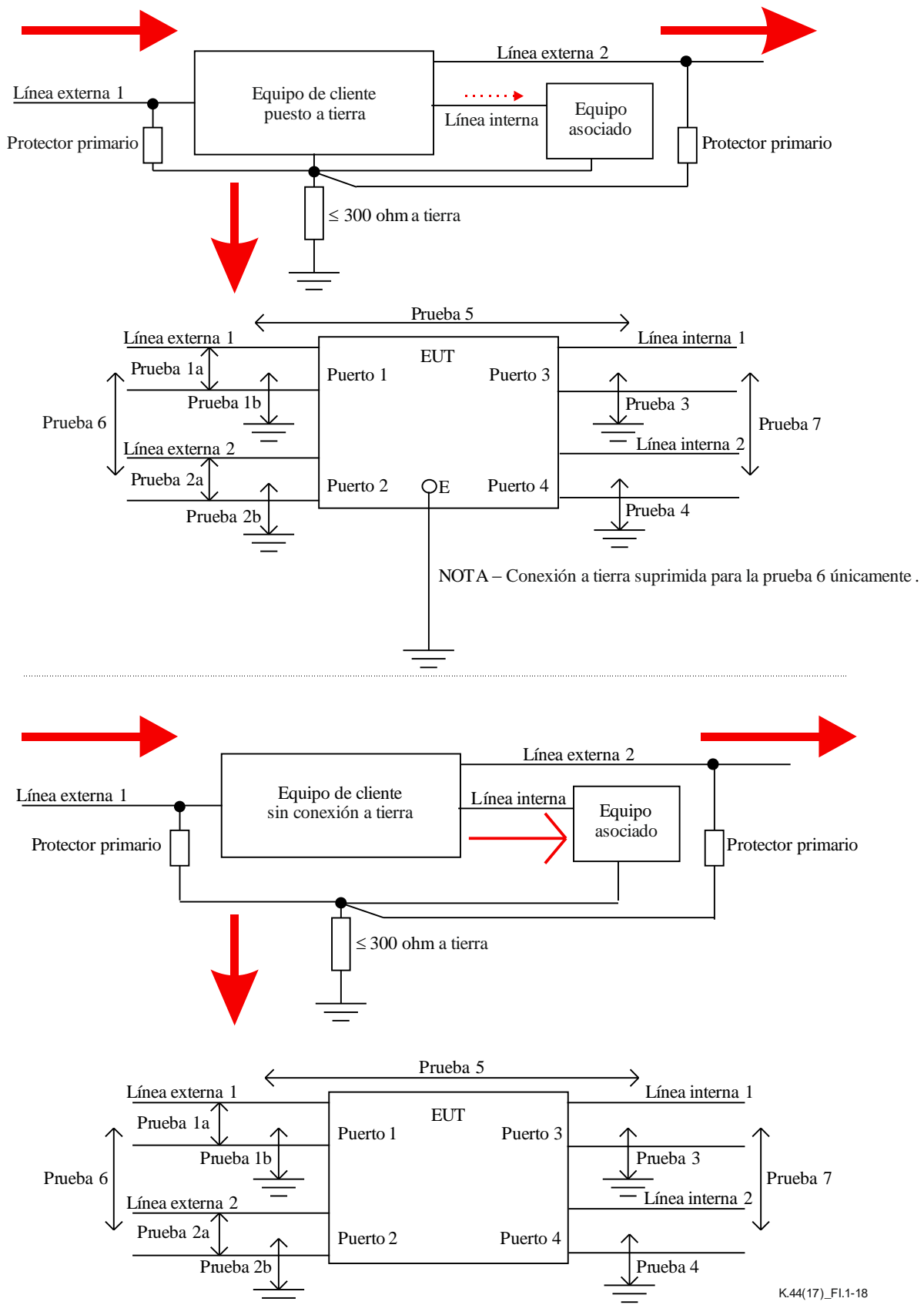


K.44(17)\_FI.1-16

**Figura I.1-16 – Condiciones de prueba para los equipos de centros de telecomunicaciones**



**Figura I.1-17 – Caso de equipo exterior**



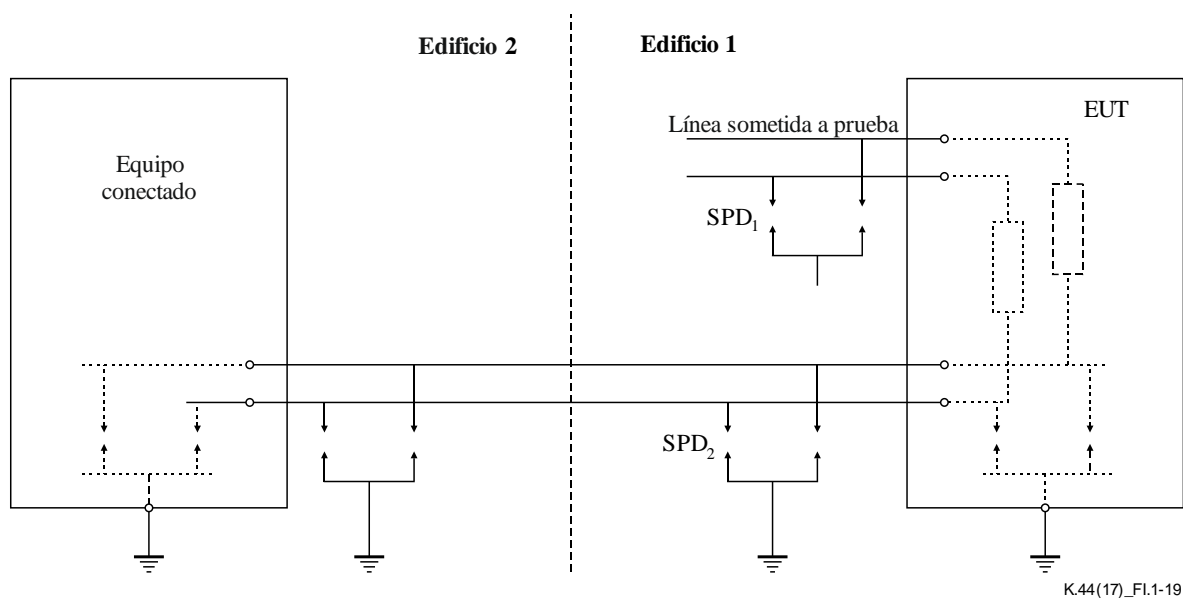
**Figura I.1-18 – Caso de equipo de cliente**



### I.1.5.2 Terminaciones y SPD en los puertos no sometidos a prueba

En la Figura A.2-1 se ilustran los posibles puertos de una pieza de equipo compleja.

Este equipo tiene puertos externos e internos y se debe tener en cuenta su influencia sobre el puerto sometido a prueba. El EUT se puede conectar a un equipo auxiliar dentro del mismo edificio, mediante cables internos, o a un equipo en otro edificio, a través de cables externos. Los SPD se pueden utilizar en ambos tipos de puertos, véase la Figura I.1-19.



**Figura I.1-19 – Terminaciones y dispositivos de protección contra descargas (SPD) en el equipo**

Durante la prueba, los puertos tendrán que estar terminados por una conexión con equipos auxiliares o mediante una impedancia o resistencia de terminación y conectados a tierra mediante un elemento de acoplamiento, uno tras otro. Es necesario que se tengan en cuenta las diferencias entre los puertos externos e internos. Por lo general, los puertos internos se conectan a equipo que tiene el mismo punto de referencia de tierra que el equipo sometido a prueba. Los puertos externos, por otro lado, se pueden conectar a equipo con una referencia de tierra distinta, por ejemplo, en otro edificio. Esto significa que puede fluir corriente hacia un puerto externo y desde otro puerto externo.

Los problemas que se tienen que considerar cuando se añaden terminaciones al equipo o se pone un puerto a tierra son:

- 1) Cuando hay un posible trayecto de baja impedancia entre el puerto sometido a prueba y un puerto no sometido a prueba, es necesario considerar la posibilidad de instalar un protector en este último. Esto se hace utilizando un protector de prueba especial en el puerto sometido a prueba y un protector con la tensión de c.c. disruptiva permitida mínima en el puerto no sometido a prueba.
- 2) Cuando hay más de un tipo de puerto no sometido a prueba, debe proveerse de terminación o añadirse SPD únicamente a un tipo de puerto no sometido a prueba a la vez. La razón de esto es que un trayecto de baja impedancia hacia un tipo de puerto no sometido a prueba puede impedir que la corriente circule hacia otro tipo de puerto no sometido a prueba.

- 3) Cuando un puerto puede conectarse internamente a otro puerto, por ejemplo en algunas condiciones de funcionamiento o en algunas condiciones de fallo de la alimentación de energía, este puerto debe someterse a prueba con el otro puerto provisto de terminación y protegido.
- 4) Cuando el equipo tiene componentes de protección por los que circulan altas corrientes, que eliminan la necesidad de protección primaria, es necesario retirar el GDT en el puerto sometido a prueba, y sustituirlo por el protector de prueba descrito en las cláusulas 8.2, 8.3 y 8.4. Esto tiene por objeto garantizar el logro de la coordinación. Durante la prueba de este puerto, el protector integral debe dejarse en posición para los puertos no sometidos a prueba. Si este componente no puede retirarse, todas las pruebas se realizarán con la protección suministrada y el fabricante deberá proporcionar un informe de prueba para mostrar que se han llevado a cabo las pruebas inherentes y de coordinación con el protector de prueba especial durante las pruebas de diseño.
- 5) Puede ser necesario realizar pruebas con las siguientes tres combinaciones de terminación y acoplamiento a tierra de los puertos no sometidos a prueba:
  - a) sin terminación y sin acoplamiento a tierra;
  - b) sin acoplamiento a tierra y añadiendo una terminación;
  - c) con un acoplamiento a tierra y una terminación.

Durante la prueba de puerto a puerto es necesario tener en cuenta lo siguiente para el segundo puerto.

- 1) otras líneas/pares del tipo de puerto sometido a prueba;
- 2) líneas/pares de otros tipos de puerto.

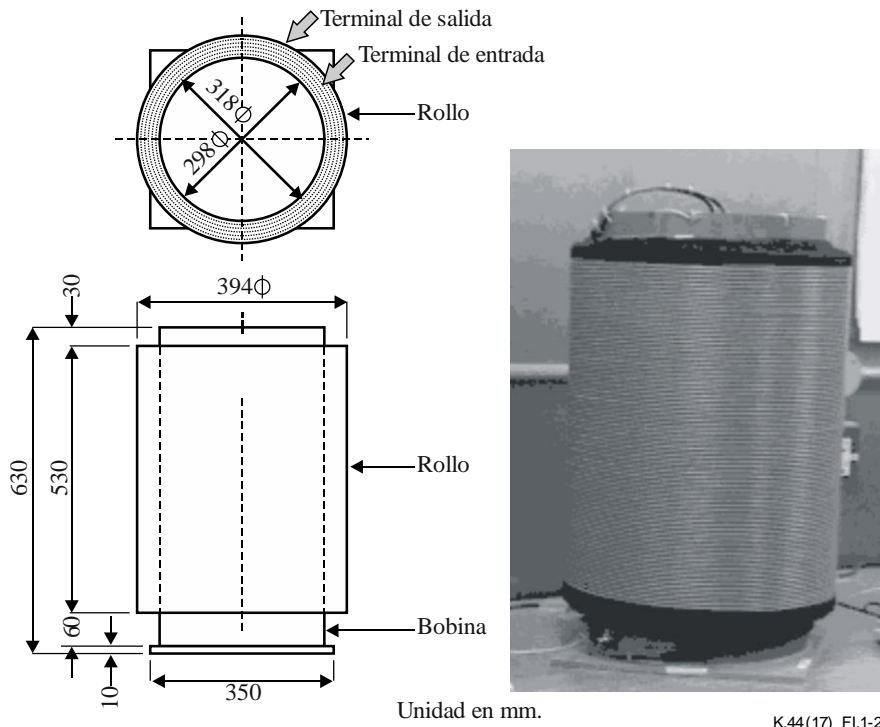
## **I.1.6 Redes de desacoplamiento**

### **I.1.6.1 Inductancia de desacoplamiento**

A continuación figura información sobre un inductor en modo común de 20 mH que podría utilizarse para desacoplar puertos de par simétrico como se sugiere en [CEI 61000-4-5]. También se pueden utilizar resistores para proceder al desacoplamiento, cuyo método se prefiere.

El elemento de desacoplamiento afecta a la transmisión en redes de alta velocidad debido a la resistencia, la capacitancia y la inductancia del elemento de desacoplamiento. En la presente cláusula se describe una bobina de autoinducción en modo común, cuyo valor es 20 mH y se describe en [CEI 61000-4-5] para su utilización como inductor. Sin embargo, los detalles del inductor no se describen en [CEI 61000-4-5] aunque las características del inductor dependen de su configuración.

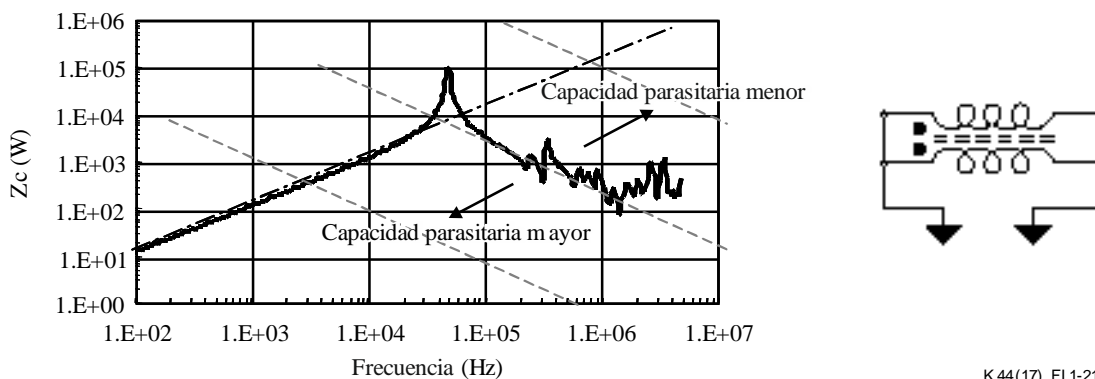
En la Figura I.1-20 se muestra la configuración y el tamaño de la bobina descrita. Las especificaciones del elemento de la bobina se resumen en el Cuadro I.1-1. A fin de evitar la saturación de la inductancia y reducir la capacitancia de dispersión, la bobina tiene un núcleo de aire. Las características de frecuencia de impedancia en modo común se muestran en la Figura I.1-21. La impedancia es superior a 1 k $\Omega$  entre 10 kHz y 200 kHz. La impedancia en modo normal se muestra en la Figura I.1-22. La impedancia es aproximadamente de 120  $\Omega$ . Las características de frecuencia de la inductancia y la pérdida de transmisión se muestran en las Figuras I.1-23 y I.1-24, respectivamente. La resonancia se produce aproximadamente a 46 kHz, pero la pérdida de transmisión es inferior a 5 dB por debajo de 1 MHz.



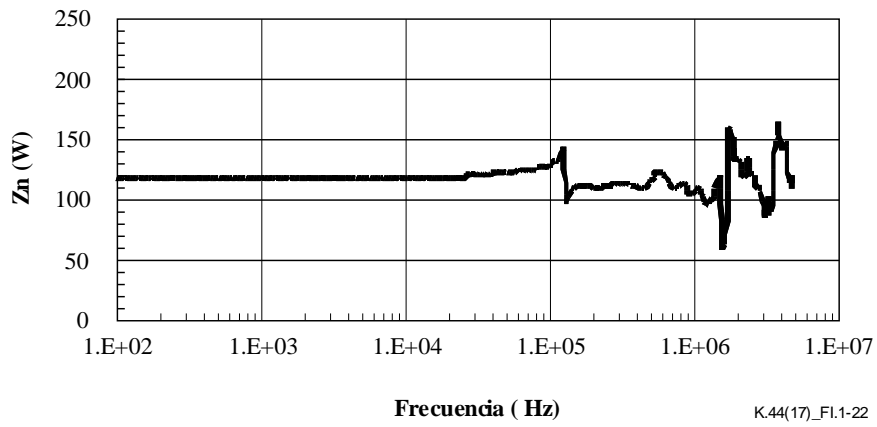
**Figura I.1-20 – Configuración, tamaño y descripción de una bobina de 20 mH**

**Cuadro I.1-1 – Especificaciones de la bobina**

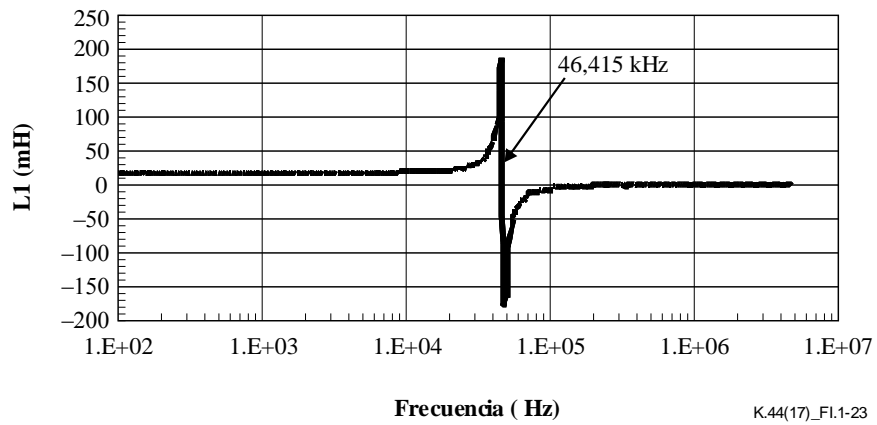
Elementos		Especificaciones
Alambre	Materia	Cobre
	Área de sección	2 mm <sup>2</sup>
Cómo se enrolla		Un par de líneas enrolladas juntas
Vueltas		48 vueltas × 7 capas
Inductancia		20 mH (en modo común)



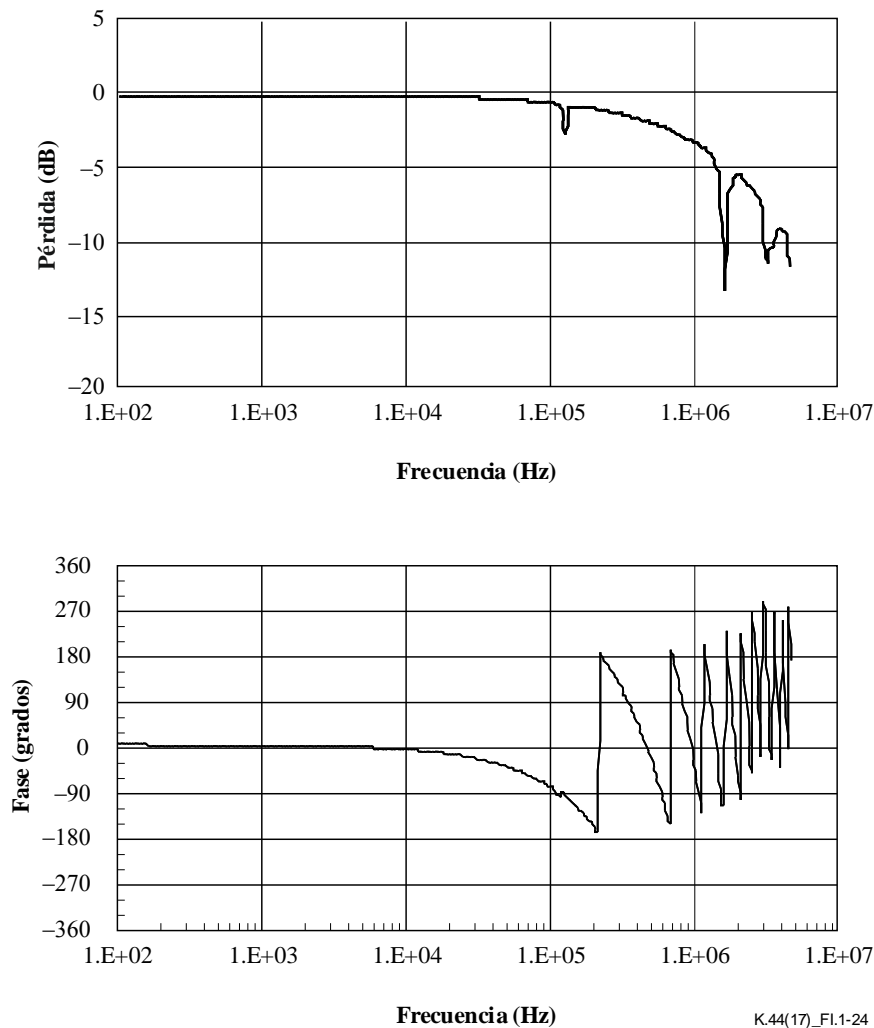
**Figura I.1-21 – Impedancia en modo común**



**Figura I.1-22 – Impedancia en modo normal**



**Figura I.1-23 – Características de frecuencia de la inductancia**

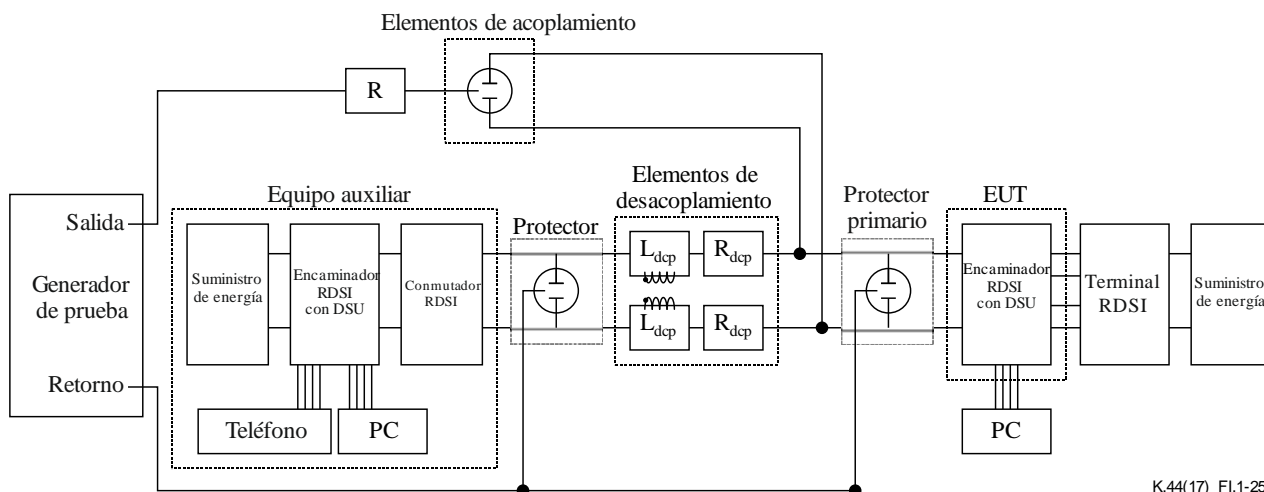


**Figura I.1-24 – Características de frecuencia de la pérdida de transmisión**

### **I.1.6.2 Efecto de los elementos de desacoplamiento por inductancia y resistencia en los circuitos digitales**

Las características de transmisión se midieron utilizando un encaminador RDSI y un módem VDSL. La configuración de prueba para la RDSI se muestra en la Figura I.1-25. Esta configuración está prevista para una prueba de descarga de puerto a tierra, que se basa en la Figura A.5-1. El equipo utilizado en este experimento se indica en el Cuadro I.1-2. Las combinaciones sometidas a prueba  $L_{dcp}$  y  $R_{dcp}$ , así como los resultados, se resumen en el Cuadro I.1-3. En todos los casos, se conectaron los teléfonos digitales y los PC.

La configuración de prueba para la VDSL se muestra en las Figuras I.1-26 y I.1-27. Las especificaciones del módem VDSL sometido a prueba se resumen en el Cuadro I.1-4. Los resultados de los distintos métodos de desacoplamiento se indican en el Cuadro I.1-5. Se puede observar, respecto de los métodos de desacoplamiento 4 y 5, que el caudal disminuye ligeramente. En la fila 6 no se utilizó ningún elemento de desacoplamiento, solamente un cable de 2 m de longitud de Cat-5, para mostrar el caudal respecto de una situación normal.



K.44(17)\_Fl.1-25

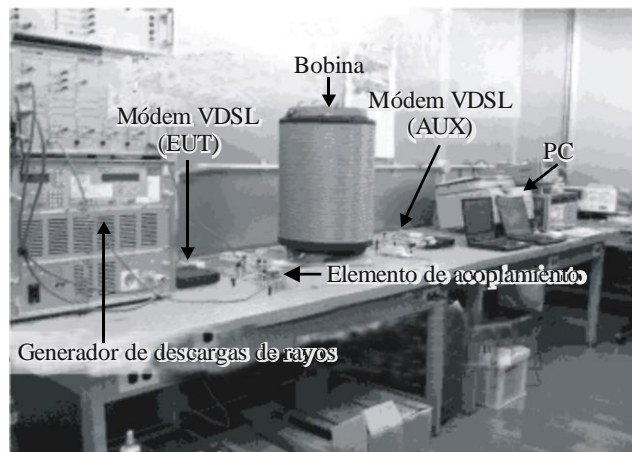
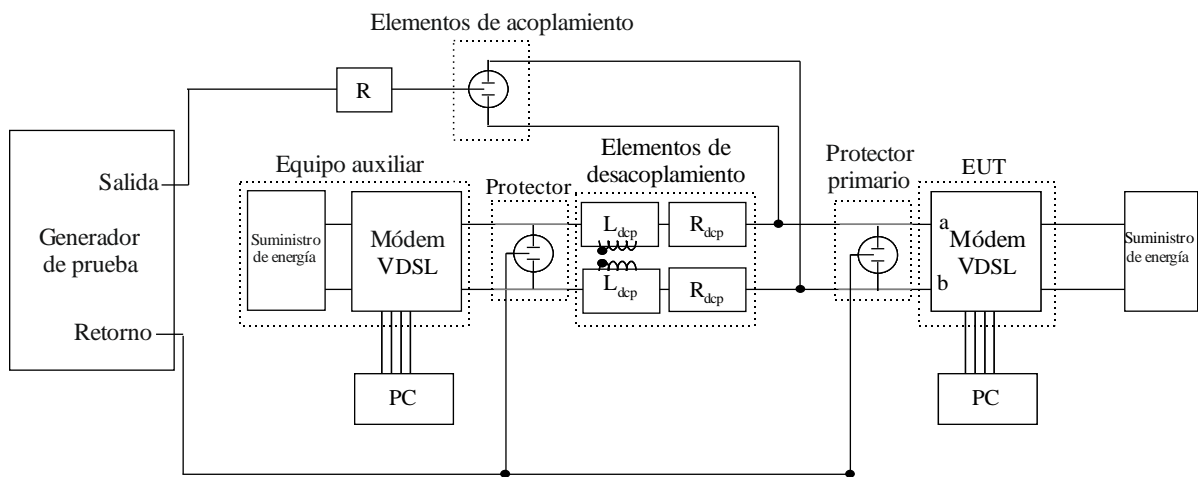
**Figura I.1-25 – Configuración de prueba para un equipo RDSI**

**Cuadro I.1-2 – Equipo RDSI**

Elemento	Equipo
Teléfono digital (lado EUT)	S-1000 (NTT)
Teléfono digital (lado AUX)	DC-R2100 (NTT)
Encaminador RDSI (lado EUT)	MN128-SOHO (NTT-ME)
Encaminador RDSI (lado AUX)	MN128-SOHO (NTT-ME)
Conmutación RDSI	I64-4LINES e iNet-U2-LINES
Generador de prueba	PSURGE 4.1 (HAEFELY)

**Cuadro I.1-3 – Elemento de desacoplamiento y resultados**

Caso de prueba	$L_{dcp}$ (mH)	$R_{dcp}$ ( $\Omega$ )	Resultado
1	–	50	Óptimo
2	–	100	Óptimo
3	–	200	Óptimo
4	20	–	Óptimo
5	20	200	Óptimo



K.44(17)Fl.1-26

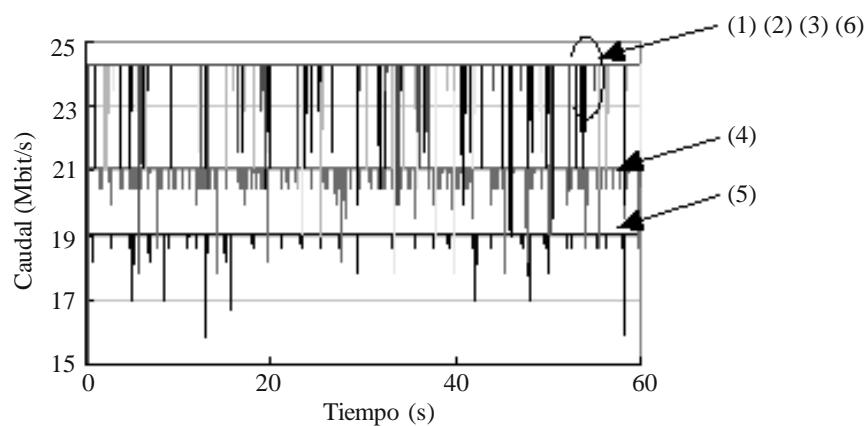
**Figura I.1-26 – Configuración de prueba para un equipo VDSL**

**Cuadro I.1-4 – Especificaciones de un módem VDSL**

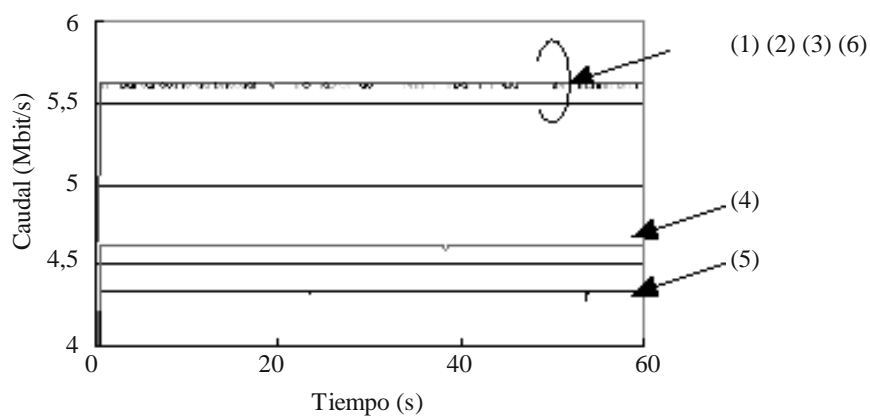
Elemento	VDSL
Modulación	DMT
Comunicación	Dúplex completo (TDD)
Velocidad de datos	28,8 Mbit/s 51,2 Mbit/s/6,4 Mbit/s
Atribución de bandas	Unidades de 1,5 Mbit/s o menos, 64 kbit/s Unidades de 1,5 Mbit/s o más, 1 Mbit/s
Distancia de transmisión	300 m (28,8 Mbit/s) 300 m (51,2 Mbit/s/6,4 Mbit/s) 1 km (13 Mbit/s)
Corrección de errores	Corrección de errores por ruido impulsivo, etc.
Divisores	Requeridos

**Cuadro I.1-5 – Elemento de desacoplamiento y resultados**

Caso de prueba	$L_{dcp}$ (mH)	$R_{dcp}$ ( $\Omega$ )	Caudal medio (Mbit/s)	
			Lado principal	Lado subordinado
1	–	50	24	5,6
2	–	100	24	5,6
3	–	200	24	5,6
4	20	–	21	4,6
5	20	200	19	4,3
6	–	–	24	5,6



**a) Lado principal**



**b) Lado subordinado**

K.44(17)\_Fl.1-27

**Figura I.1-27 – Resultados de las mediciones de caudal**



### I.1.7 Pruebas en puertos de alimentación del sector

En ocasiones existe confusión acerca de las pruebas que deben realizarse, es decir, de A a N y de A/N a E, para varios sistemas. En un sistema de alimentación del sector con el neutro puesto a tierra en las instalaciones del cliente, se puede considerar innecesario realizar pruebas de A/N a tierra. En los sistemas en que el neutro no está puesto a tierra, se puede pensar que la prueba de A a N debería realizarse estando el generador sin conexión a tierra. Estos dos casos se ilustran en la Figura I.1-28. En ambos casos, una sobrecarga de A a N provoca una sobrecarga tanto transversal/diferencial como de puerto a tierra en relación con el EUT y sus circuitos secundarios. En aras de la repetibilidad y para tener la misma prueba para distintos sistemas de energía, es preferible realizar la prueba transversal/diferencial sin una sobrecarga de puerto a tierra y la prueba de puerto a tierra sin una sobrecarga transversal/diferencial. Esto se logra utilizando los circuitos de prueba que se muestran en las Figuras A.6.4-1 (en el caso de las descargas transversales/diferenciales), A.6.4-2 (en el caso de las descargas de puerto a tierra) y A.6.4-3 (en el caso de las descargas de puerto a puerto).

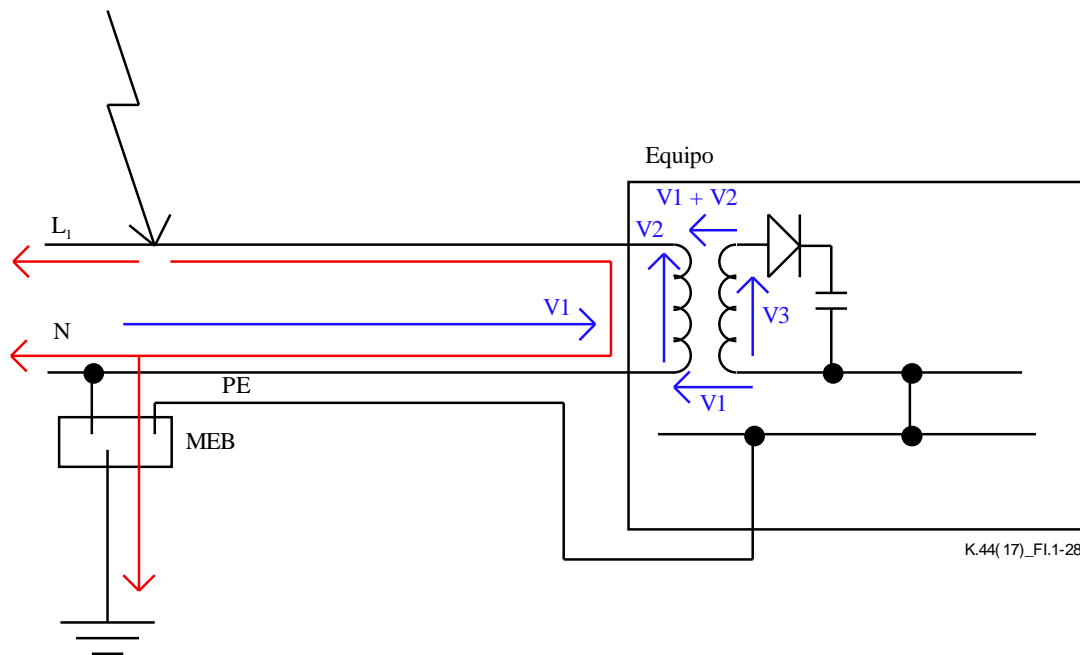
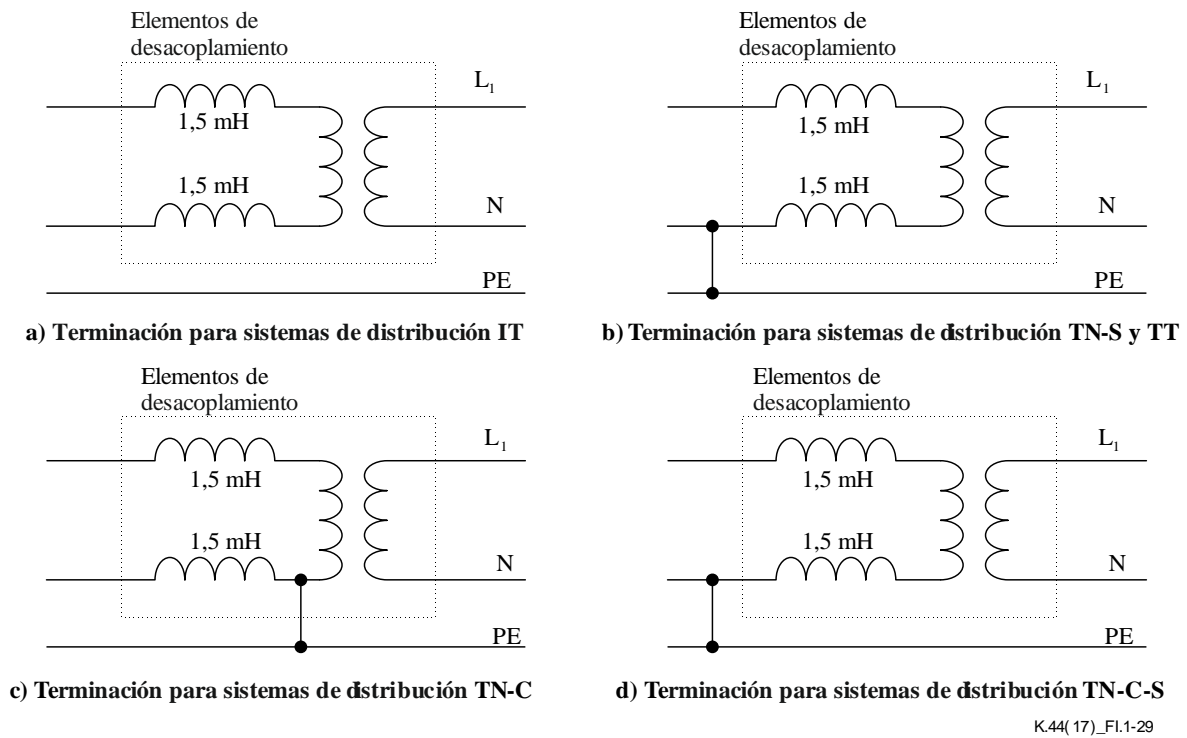
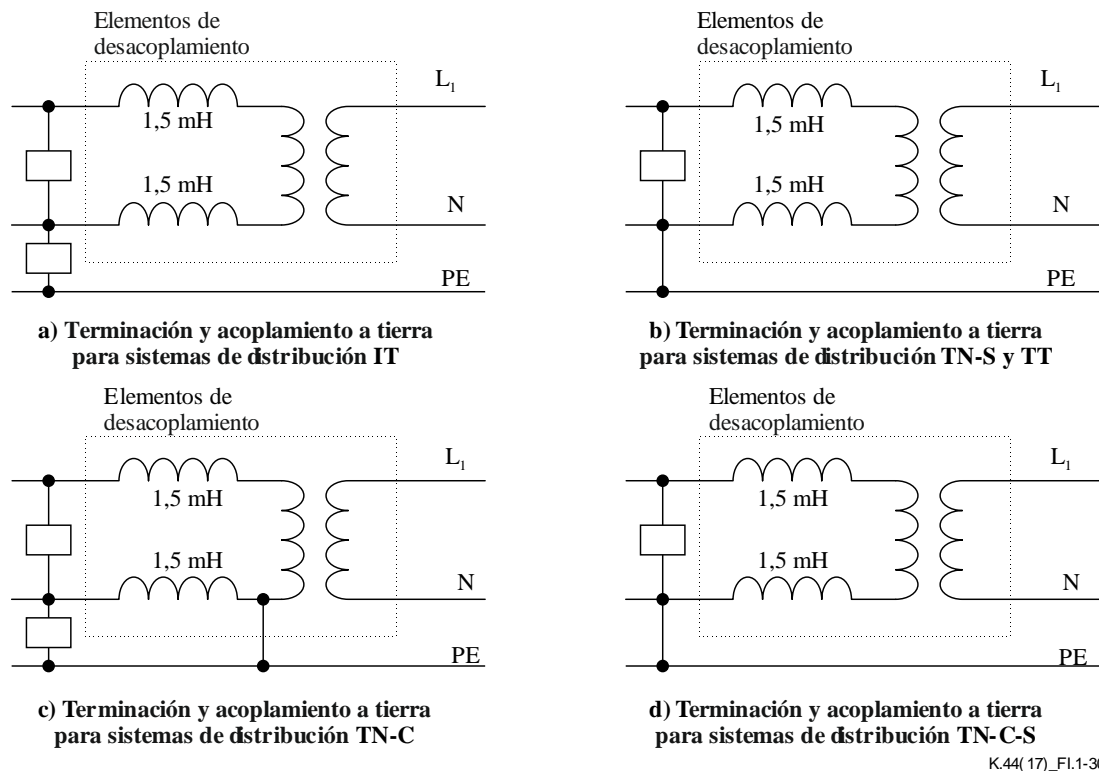


Figura I.1-28 – Efecto de una sobrecarga de A a N en el equipo



**Figura I.1-29 – Terminaciones para puertos de alimentación del sector**



**Figura I.1-30 – Terminaciones y acoplamiento a tierra para puertos de alimentación del sector**

A fin de que las mismas pruebas se realicen a escala mundial, se recomienda utilizar la Figura I.1-29a como terminación para un puerto de alimentación del sector no sometido a prueba, y la Figura I.1-30b para acoplar a tierra un puerto de alimentación del sector no sometido a prueba.

## **I.2 Gama de niveles para las pruebas relativas a las descargas del rayo y a la inducción debida a líneas de energía**

### **I.2.1 Rayo**

#### **I.2.1.1 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente**

La gama de tensiones de prueba utilizada en las Recomendaciones específicas relativas a los niveles de prueba de la inmunidad inherente podría estar comprendida entre 1,0 kV y 5,0 kV. Tradicionalmente se ha utilizado una tensión de prueba de 1,0 kV en los grandes edificios de telecomunicación. Esto se debe a que la mayoría de las descargas son inferiores a 1,0 kV, y a que es relativamente fácil instalar una protección primaria fiable en el MDF cuando se necesita. Una cifra de hasta 5,0 kV podría tenerse en cuenta para los CPE, ya que están situados en un entorno mucho menos controlado y es mucho más difícil instalar GDT.

#### **I.2.1.2 Niveles para las pruebas relativas a la coordinación**

El nivel de prueba máximo para el requisito de coordinación ha sido tradicionalmente de 4,0 kV. No obstante, recientes medidas han mostrado que en la realidad ocurren descargas superiores a 7,0 kV. Se permite un nivel de prueba facultativo de hasta 10,0 kV. El valor de  $dU/dt$  aumenta al aumentar la tensión. Esto da lugar a una mayor tensión de activación del protector primario y mayores corrientes de carga capacitiva en el equipo.

### **I.2.2 Niveles para las pruebas relativas a la inducción debida a las líneas de energía**

#### **I.2.2.1 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente**

Tradicionalmente el nivel ha sido de  $0,2 A^2s$  para los equipos en centros de telecomunicaciones y los CPE. Con la liberalización de las instalaciones de cliente, la utilización de protección primaria es más incierta y puede ser necesario aumentar el nivel para los CPE, por ejemplo, a  $1,0 A^2s$ .

#### **I.2.2.2 Niveles para las pruebas relativas a la inmunidad inherente/coordinación**

Tradicionalmente el nivel de la prueba, para la prueba con protección primaria, era de  $1,0 A^2s$ . Se ha introducido un nivel de prueba mejorado de  $10 A^2s$  para tener en cuenta que algunos países tienen niveles más altos de inducción debida a las líneas de energía, un nivel máximo de inducción debida a las líneas de energía en las líneas cortas ( $200 \Omega$ ) o la necesidad de un mayor grado de servicio debido al cambio de los requisitos reglamentarios.

El método de especificar los requisitos del equipo puede tener que ser diferente. En [UIT-T K.20] se especifica una  $U_{c(m\acute{a}x)}$  de 600 V a través de  $600 \Omega$  durante 1 segundo. Mediciones realizadas han mostrado que la gama de tiempo durante el cual circula la corriente debida al fallo está comprendida entre 0 y 3,2 segundos y que el flujo de corriente en un circuito de telecomunicación puede variar de 0 a  $9 A_{eff}$  (véase la Figura I.1-8). Las pruebas realizadas en un resistor han mostrado que su índice  $I^2t$  disminuye al aumentar la corriente para una  $I^2t$  constante. Esto muestra que la prueba relativa a la inmunidad inherente/coordinación debe realizarse con la corriente máxima que se produce.

## **I.3 Relación entre la presente Recomendación y otras Recomendaciones genéricas/específicas**

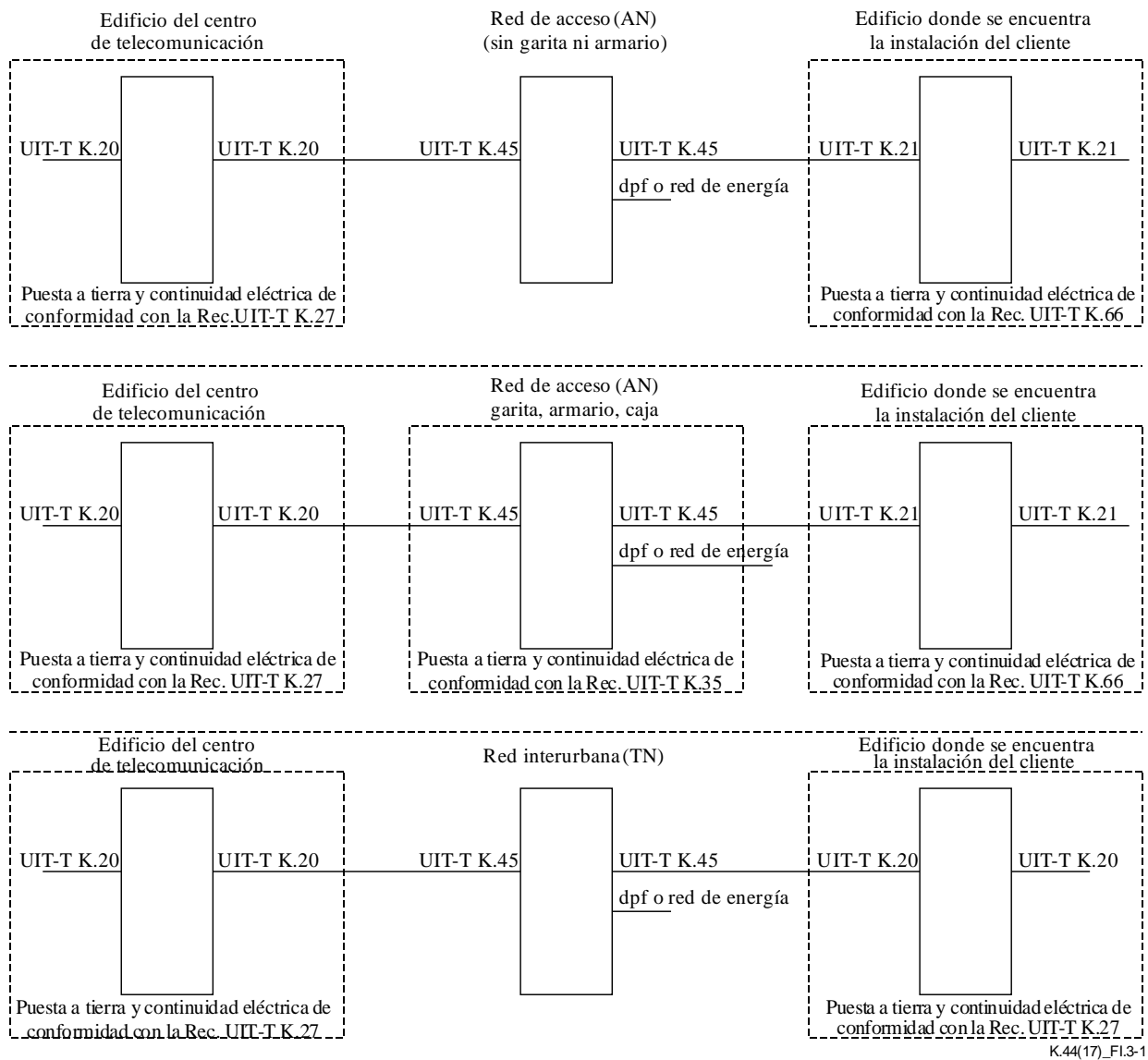
[UIT-T K.20] se refiere al equipo instalado en un centro de telecomunicación. En [UIT-T K.27] se describe un sistema de puesta a tierra y una estructura metálica apropiados, de suerte que el entorno no esté tan expuesto. Sin embargo, debido al gran número de cables de telecomunicaciones, la corriente total que circule en el edificio será grande.

[UIT-T K.21] se refiere al equipo instalado en una instalación de cliente. Es de suponer que se han seguido buenas prácticas de puesta a tierra y de continuidad eléctrica según [b-UIT-T K.66]. Si no se ha establecido la continuidad eléctrica entre los servicios de telecomunicaciones y de energía

eléctrica, pueden producirse daños en el equipo de telecomunicaciones. Si se producen daños, deben aplicarse las soluciones previstas en las cláusulas 5 y II.6.

[UIT-T K.45] se refiere al equipo instalado entre el centro de telecomunicación y el edificio donde está ubicada la instalación del cliente. El sistema de puesta a tierra no es tan bueno como en un centro de telecomunicación, pero el sistema está bajo el control del operador. Hay ciertas ventajas en el hecho de que la pequeña estructura permite una continuidad eléctrica equipotencial ideal.

En la Figura I.3-1 se ilustra el ejemplo de la ubicación del equipo y las Recomendaciones que deben aplicarse. Si el equipo se utiliza en más de un sitio, debe probarse de conformidad con todas las Recomendaciones pertinentes.



**Figura I.3-1 – Ejemplo de configuración de una red de telecomunicación que muestra la frontera entre un centro de telecomunicaciones, la red de acceso y las instalaciones del cliente**

## Apéndice II

### Información suplementaria para los fabricantes y operadores

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

#### II.1 Introducción

La siguiente información está siendo estudiada en el UIT-T. Se suministra en este apéndice a efectos de información de los fabricantes y operadores y con el fin de promover la discusión sobre estos temas.

#### II.2 Coordinación de la protección primaria

Los efectos del funcionamiento de la protección primaria se describen en [UIT-T K.11].

Para garantizar la coordinación de los componentes de protección con el equipo, es necesario comprobar que:

- 1) el equipo no resulta averiado por las tensiones del caso más desfavorable que pueden aparecer entre los terminales de entrada y entre un terminal de entrada y la referencia de tierra del equipo;
- 2) el equipo no será afectado ni sufrirá interferencias debidas al funcionamiento de la protección primaria en toda la gama de las tensiones de descarga.

El funcionamiento de la protección primaria de tipo conmutación tiene dos efectos:

- limita la tensión máxima aplicada al equipo y, por consiguiente, dependiendo de la impedancia interna del equipo, limita la corriente máxima que el equipo deberá resistir;
- produce un cambio de tensión y corriente muy rápido, que, debido a efectos inductivos o capacitivos, puede alcanzar las partes sensibles del equipo que no están aparentemente expuestas a las tensiones de las líneas.

##### II.2.1 La protección primaria no funciona

Para las tensiones de descarga, debe prestarse atención al valor de las corrientes que circulan en la red de cableado interno. Las altas corrientes en la red de cableado interno pueden perturbar otros equipos. [UIT-T K.27] describe la puesta a tierra y la continuidad eléctrica dentro de un edificio de telecomunicación, y [UIT-T K.11] aborda la coordinación con los dispositivos de protección eléctrica.

##### II.2.2 La protección primaria sí funciona

La simulación de las descargas producidas por el rayo requiere que se preste especial atención a:

- un cambio de la tensión de funcionamiento de los GDT con la velocidad de aumento de la tensión;
- las diferencias de potencial en el bastidor de protección y en el cableado de puesta a tierra asociado a causa de un alto flujo de corriente;
- los valores elevados de  $dU/dt$ , causados por el funcionamiento del GDT, que pueden afectar a los componentes sensibles o provocar un funcionamiento incorrecto (bloqueo del equipo o daño de los datos en las memorias).

Para comprobar la coordinación con la protección primaria debe prestarse atención a los principios de funcionamiento del GDT. En primer lugar, la tensión de activación de 10/700  $\mu s$  del GDT, véase la Figura I.1-4 es generalmente más alta que la tensión de activación de c.c., pero generalmente inferior a la tensión de activación de 1 kV/ $\mu s$ . En segundo lugar, la tensión de activación de c.c., y por consiguiente la tensión de activación de 10/700  $\mu s$ , puede variar considerablemente para el mismo

tipo de protector. Por ejemplo, la tensión de activación de c.c. de un GDT de 230 V puede variar de 180 V a 300 V [UIT-T K.12].

Por estos motivos, la coordinación de la protección primaria se comprueba reemplazando el protector primario acordado por un protector de prueba especial. La tensión de activación c.c. del protector de prueba especial debe ser igual a 1,15 veces la tensión de activación c.c. máxima especificada del protector primario acordado. La tolerancia de la tensión de activación es de  $\pm 5\%$ . Para un protector primario de 230 V, la tensión de activación del protector de prueba especial es de  $345 \text{ V} \pm 17 \text{ V}$ . Este protector de prueba se utiliza para las pruebas relativas al rayo, a la inducción debida a líneas de energía y al contacto con líneas de energía. El protector de prueba especial debe tener una característica similar a la del protector primario acordado.

### II.2.3 Principios de la coordinación

En [UIT-T K.11] se estipula que:

- no existe ningún dispositivo con las características para suprimir idealmente todas las tensiones o corrientes vinculadas con las perturbaciones;
- a veces es necesario utilizar más de un dispositivo de protección.

Algunos protectores tienen una tensión de paso más elevada cuando la velocidad de aumento es rápida. En ese caso, puede ser necesario utilizar un circuito de protección multietapas para reducir la sobrecarga paso a paso hasta el nivel en que sea inofensiva para el equipo.

En la Figura II.2-1a se ilustra el principio de la protección mediante un circuito en escalera.

Se aplica un protector primario en la frontera, por ejemplo, en un MDF exterior con relación al EUT. La mayor parte de la corriente de sobrecarga es desviada a tierra en este punto. En el interior del EUT, un protector inherente desvía la corriente de paso del protector primario. Puede asimismo haber, dentro del EUT, un tercer protector que forma parte de la caja negra.

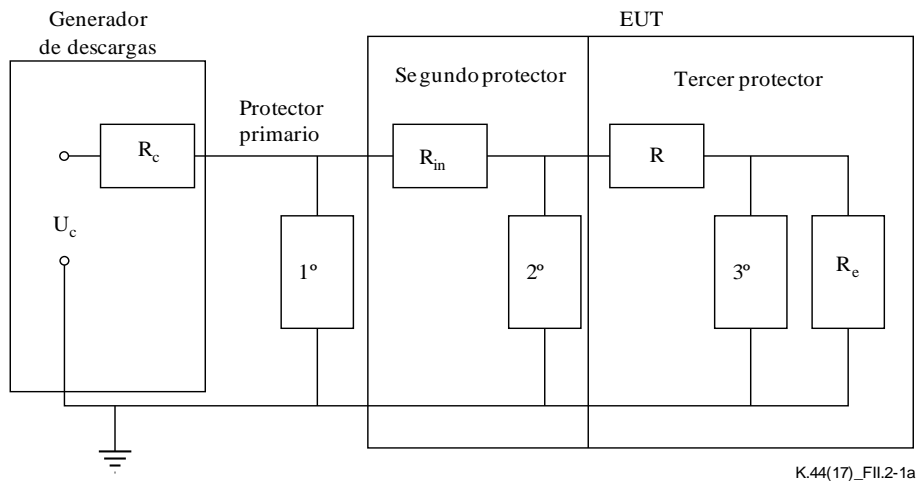
Es importante que haya resistencia entre los protectores para que no se conecten directamente uno a otro; entonces, el circuito se asemeja a una escalera. Teniendo en cuenta la coordinación entre la protección primaria y la protección inherente, debe haber una resistencia  $R_{in}$ . Esta  $R_{in}$  es virtualmente la misma que la resistencia de entrada del EUT cuando el protector inherente, como por ejemplo un dispositivo tiristor o un diodo, se enciende y conecta la  $R_{in}$  a tierra. En la Figura II.2-1b se muestra el circuito equivalente cuando el protector inherente entra en funcionamiento. Si no hay resistencia entre el protector primario y el protector inherente, sólo funcionará el protector que tenga la tensión de activación más baja. En este caso, funciona únicamente el protector inherente e impide el funcionamiento del protector primario, de suerte que no hay coordinación. La  $R_{in}$  es necesaria para aumentar la tensión en el protector primario lo suficiente para hacer que éste funcione.

El asunto es que el protector inherente se activa generalmente a una tensión más baja que el protector primario que está en el MDF. En un primer momento, la corriente circula en la caja negra y genera una tensión en el protector inherente, que se activa. Luego, la corriente que circula a través de  $R_{in}$  y el protector inherente genera la tensión en el protector primario.

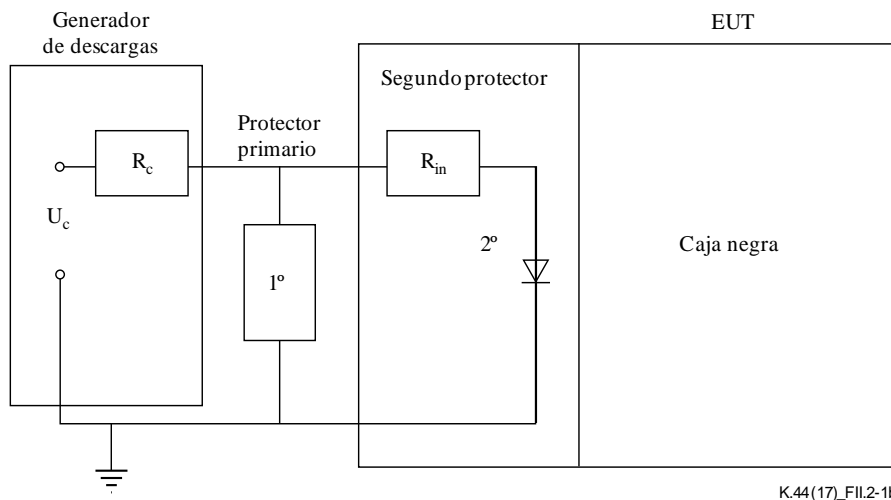
Por consiguiente, el protector inherente no es un dispositivo secundario, sino esencial, ya que por lo general funciona antes que el protector primario y protege los componentes siguientes. La caída de tensión en la resistencia de coordinación, debida a la corriente que circula en el protector inherente, hace funcionar el protector primario, por el que pasa la mayor parte de la energía de la descarga a tierra.

En un circuito tradicional que utiliza un transformador voluminoso o una bobina dentro del EUT, es posible que no haya protector inherente. La suma de las resistencias,  $R_{in} + R_e$ , es lo suficientemente alta para que el protector primario entre en funcionamiento sin que entre mucha corriente en el EUT. En la Figura II.2-1c se muestra dicho circuito equivalente.

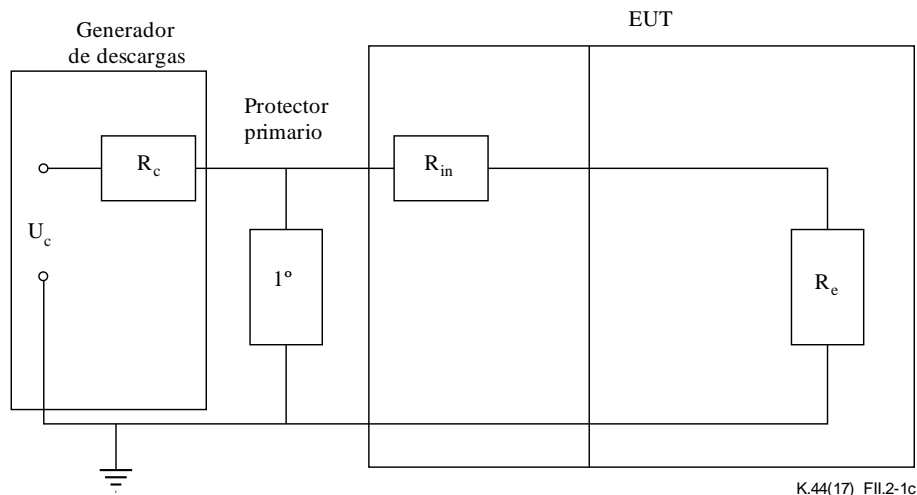
Si hay un protector inherente, como por ejemplo un SPD semiconductor en el EUT, generalmente funciona más rápido que el protector primario que está en el MDF. Si no hay resistencia entre el protector primario y el protector inherente, el funcionamiento del protector inherente perturba el funcionamiento del protector primario. La coordinación se logra cuando hay una resistencia suficiente entre los protectores, y la caída de tensión en la resistencia permite a la protección primaria funcionar correctamente. Cuando la coordinación se diseña correctamente, el EUT no sufre daños hasta el nivel de prueba máximo. Por encima de dicho nivel, el protector primario debe funcionar para las descargas del rayo.



**Figura II.2-1a – Principio de protección por circuitos en escalera**



**Figura II.2-1b – Circuito equivalente cuando se activa el segundo protector**



**Figura II.2-1c – Circuitos robustos sin el segundo protector**

#### II.2.4 Prueba de coordinación de los SPD de conmutación y de fijación de nivel

El documento [b-CEI 62305-4] incluye información sobre la teoría de coordinación. El texto a continuación incluye las pruebas específicas que se deben realizar para confirmar la coordinación.

Hay cuatro combinaciones de SPD que se ilustran en la Figura II.2-2.

**Figura II.2-2a:** Para realizar pruebas de coordinación de los SPD conforme a la Figura II.2-2a, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección primaria (máxima sobrecarga para el protector inherente).
- 2) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  (dV/dt de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

**Figura II.2-2b:** Para realizar pruebas de coordinación de los SPD conforme a la Figura II.2-2b, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección inherente (la máxima sobrecarga entra en los componentes del circuito de la protección inherente en sentido descendente).
- 2) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección primaria (máxima sobrecarga para el protector inherente).
- 3) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  (dV/dt de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

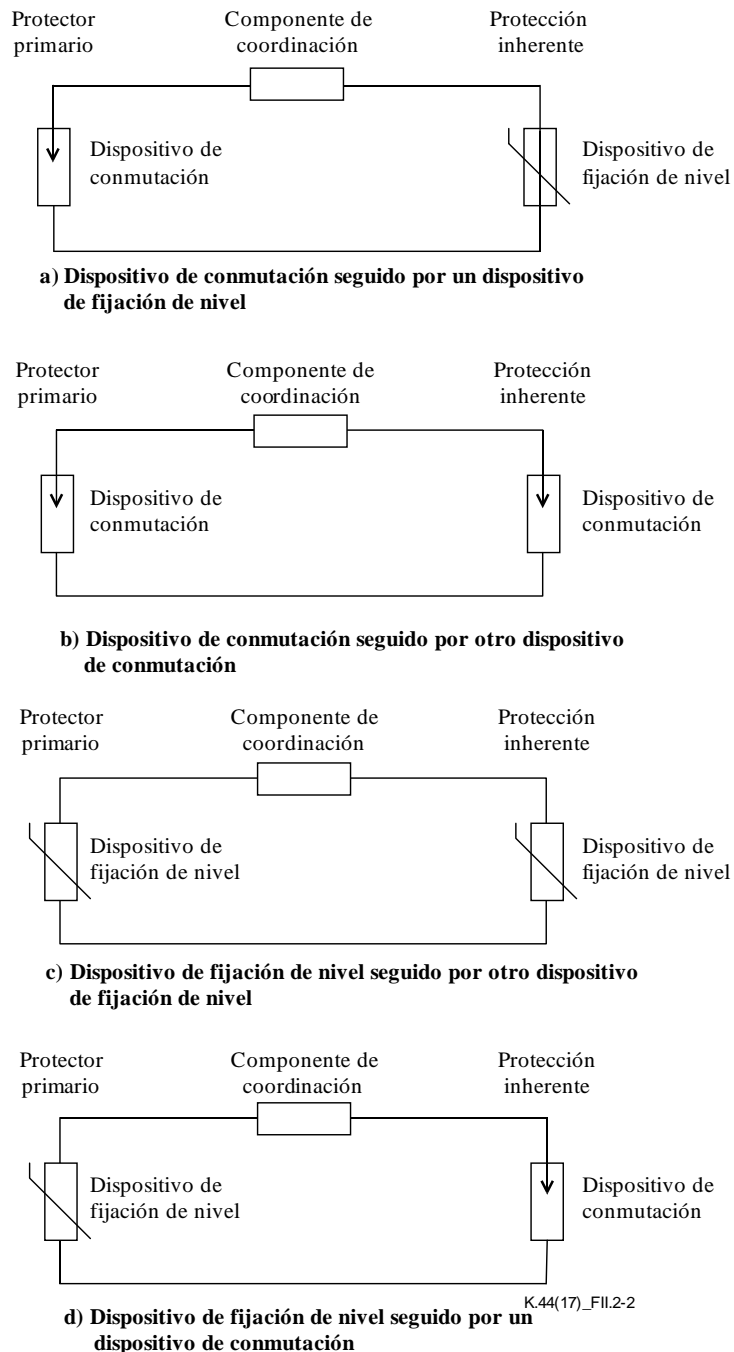
**Figura II.2-2c:** Para realizar la prueba de coordinación de los SPD conforme a la Figura II.2-2c, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  (dV/dt de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).

**Figura II.2-2d:** Para realizar la prueba de coordinación de los SPD conforme a la Figura II.2-2d, es necesario llevar a cabo las siguientes pruebas:

- 1) Se fija  $U_c$  de manera que produzca una forma de onda justo por debajo de la tensión de activación de la protección inherente (la máxima sobrecarga entra en los componentes del circuito de la protección inherente en sentido descendente).
- 2) Se fija  $U_c$  a  $U_{c(máx)}$  (dV/dt de caso más desfavorable y corriente de cresta más alta en la protección inherente).





**Figura II.2-2 – Combinaciones de SPD**

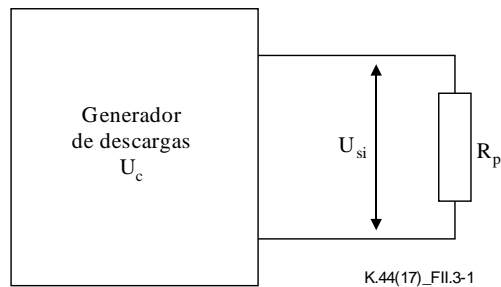
## II.3 Tensión del MDF a la entrada del equipo

### II.3.1 Generalidades

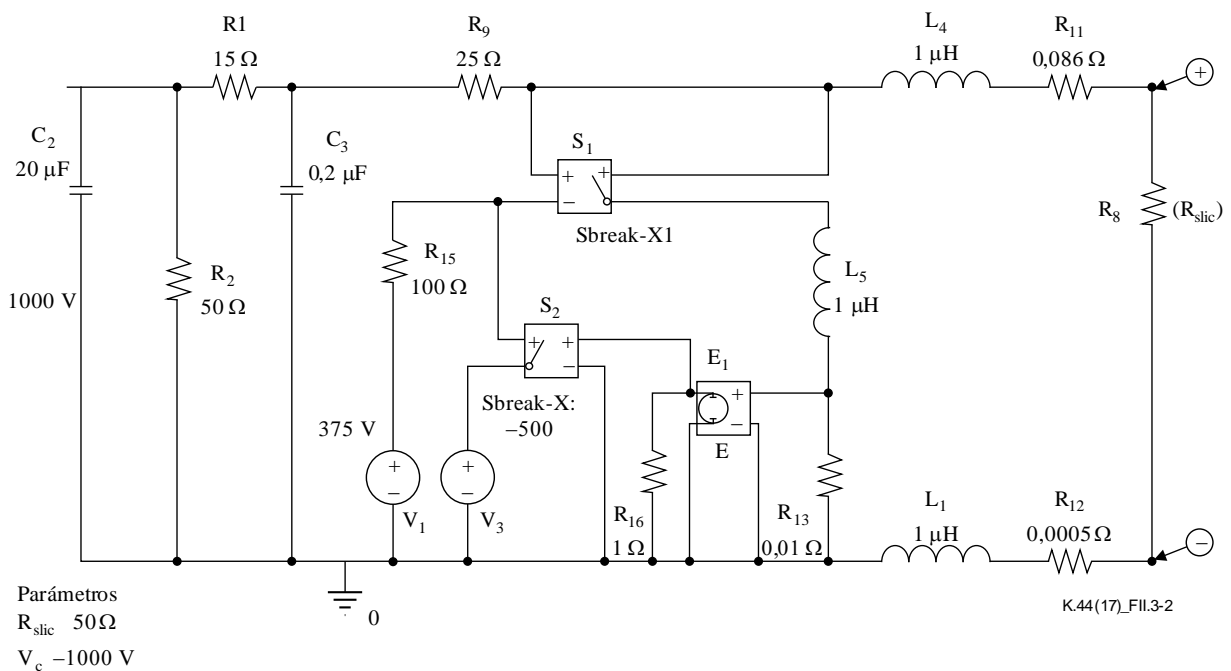
La tensión de activación de un GDT depende de  $dU/dt$ . Si  $R_p$  es conocida,  $dU/dt$  de  $U_{si}$  puede calcularse mediante una simulación de transitorios Spice. La tensión de activación real de cada situación puede simularse utilizando la tensión de activación en función de la información sobre  $dU/dt$  de la hoja de datos del GDT. La Figura II.3-3 ilustra los resultados de la simulación para un cable de MDF de 1 m entre el GDT y el equipo y un cable de MDF a tierra de 1 m. Muestra que el GDT funciona a una tensión superior durante un periodo de tiempo más corto cuando  $U_c$  es alta. Si  $U_c$  es pequeña, el GDT funciona a una tensión más baja durante un periodo de tiempo más largo.

La Figura II.3-4 ilustra la misma simulación, pero con un cable de MDF de 10 m entre el GDT y el equipo y un cable del MDF a tierra de 10 m. La inductancia del cable del MDF de 10 m y del cable a

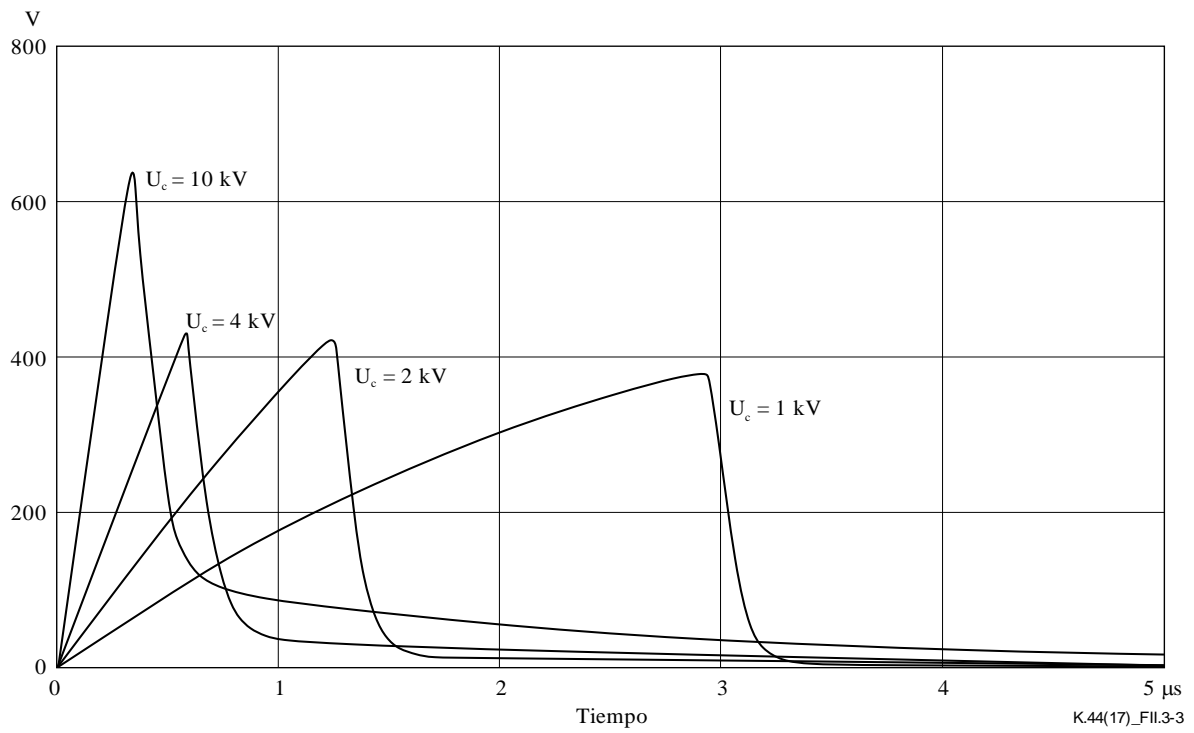
tierra de 10 m es de casi 10  $\mu\text{H}$ . La inductancia total de 20  $\mu\text{H}$  puede ser un filtro paso bajo eficaz para la tensión residual en caso de descarga causada por el funcionamiento del GDT. El cable del MDF suprime la alta cresta  $dU/dt$  causada por el funcionamiento del GDT. La simulación muestra que el hilo de prueba entre el generador de descargas y el EUT debe ser corto, por ejemplo de menos de 2 m.



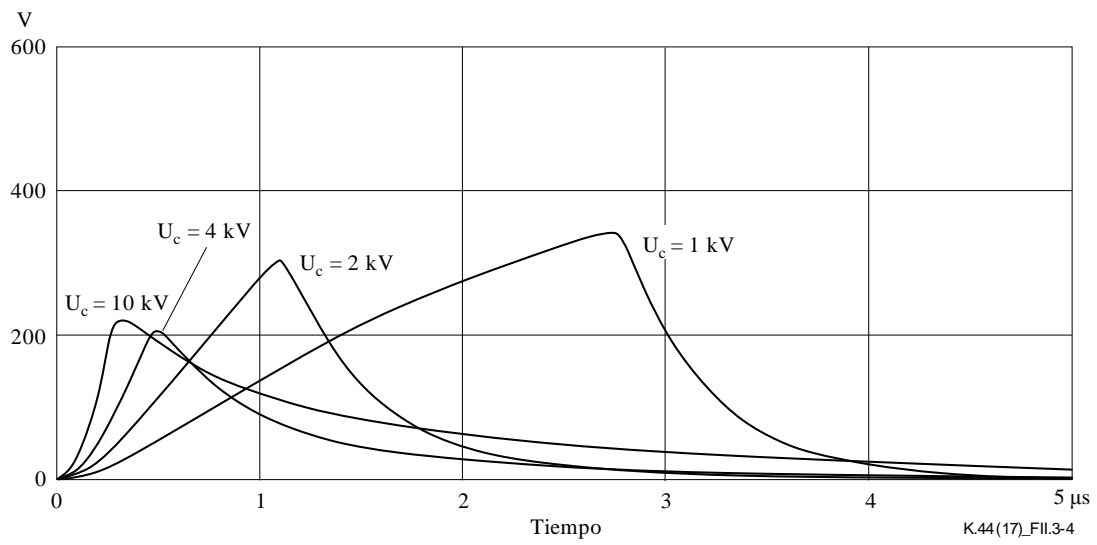
**Figura II.3-1 – Modelo para calcular  $dU/dt$  de  $U_{si}$**



**Figura II.3-2 – Modelo Spice utilizado para calcular la tensión reducida a la entrada del equipo debida a la impedancia del cable MDF**



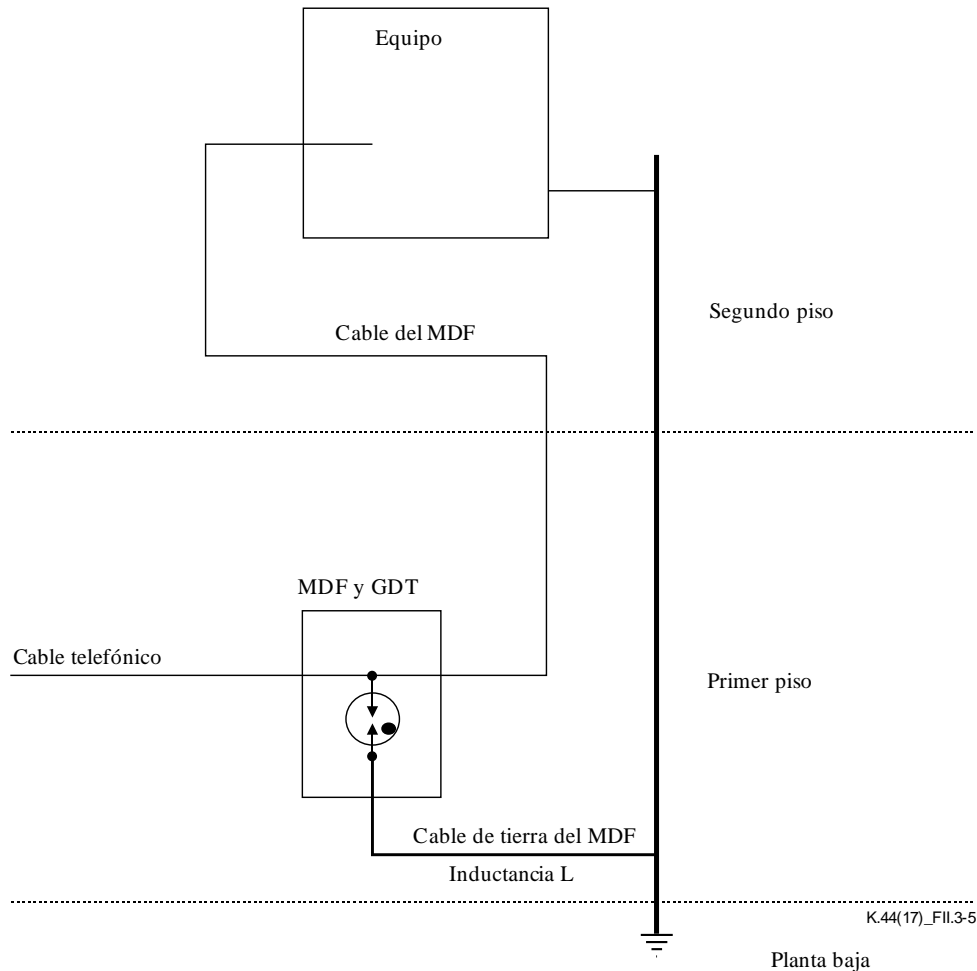
**Figura II.3-3 – El cable del MDF es de 1 m**



**Figura II.3-4 – El cable del MDF es de 10 m**

### II.3.2 Caída de tensión por el hilo a tierra del MDF

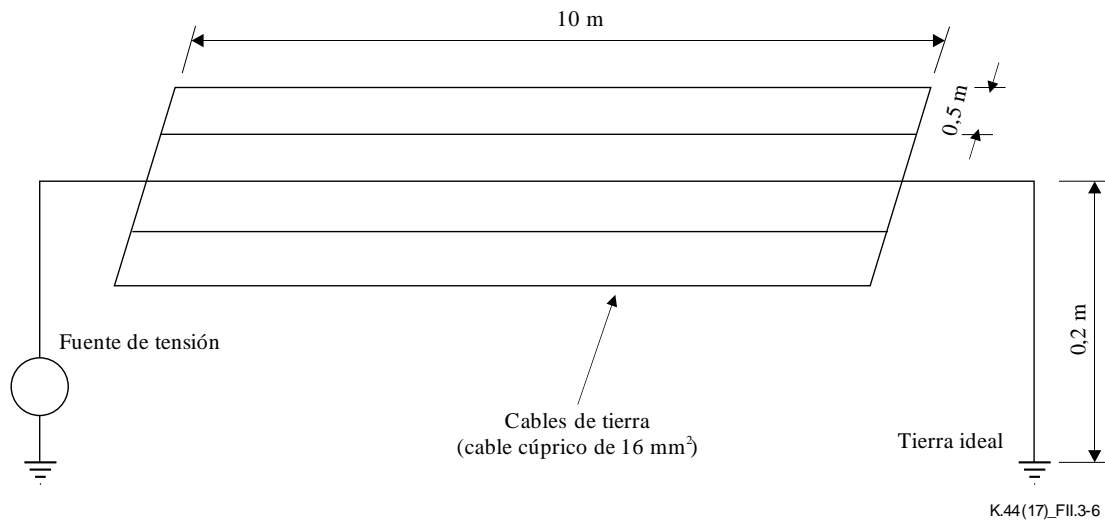
La inductancia del cable del MDF entre el protector primario y el EUT tiene un buen efecto para las grandes descargas  $dU/dt$ , pero la inductancia del cable de tierra del MDF tiene el efecto opuesto. Esto es especialmente cierto cuando se considera que la corriente procedente de todos los GDT que han funcionado circula en el cable de tierra del MDF. La inductancia es una función de la longitud del cable y no varía mucho con el diámetro del cable. La longitud del cable de tierra del MDF no puede ser nula, de manera que siempre hay inductancia. La caída de tensión causada por el cable de tierra del MDF se debe a la descarga de corriente que circula después de que el GDT funciona. La caída de tensión por el cable de tierra del MDF aparece a la entrada del equipo, de suerte que es necesario que haya una configuración de continuidad eléctrica que tenga la inductancia y resistencia mínima posible. La Figura II.3-5 ilustra el sitio en que existe inductancia del cable de tierra del MDF.



**Figura II.3-5 – Inductancia del cable de tierra del MDF**

Cuando el cable de tierra del MDF tiene una longitud significativa, tal como se muestra en la Figura II.3-5, conviene disponer de múltiples cables o de una configuración en malla.

Si hay múltiples cables conectados por separado, la inductancia se reducirá en un factor de aproximadamente  $1/N$  donde  $N$  es el número de cables (véase la Figura II.3-6).



**Figura II.3-6 – Utilización de múltiples hilos de tierra para reducir la inductancia**

En el Cuadro II.3-1 se muestra la inductancia calculada utilizando la simulación ACCUFIELD.

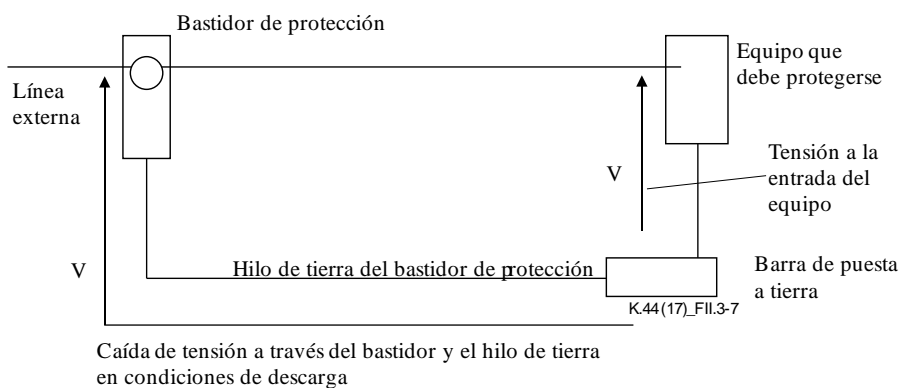
**Cuadro II.3-1/K.44 – Inductancia en función del número de conductores**

N (número de conductores)	Inductancia total
1	10,89 $\mu\text{H}$
2	6,16 $\mu\text{H}$
3	4,39 $\mu\text{H}$
5	3,05 $\mu\text{H}$

### II.3.3 Prueba relativa a la caída de la tensión con respecto a tierra

Cuando hay un bastidor de protección externo y/o un hilo de tierra que lo conecta a la barra de puesta a tierra, las altas corrientes que circulan en el bastidor de protección o el hilo de tierra causarían una caída de tensión a la entrada del equipo (véase la Figura II.3-7).

En el Reino Unido y Australia se han observado los daños debidos a la caída de la tensión de tierra.



**Figura II.3-7 – Caída de tensión a través de los hilos de tierra**

### **II.3.3.1 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra (Reino Unido)**

Algunos sistemas de conmutación pequeños instalados en las instalaciones del cliente han sufrido daños debido a la diferencia de potencial creada por los hilos de puesta a tierra del equipo de protección y conmutación. La puesta a tierra del dispositivo de protección pasaba generalmente por una ruta indirecta hacia el terminal de tierra principal. La tierra de protección del equipo estaba conectada a la tierra del sistema de alimentación de energía y, por consiguiente, al terminal de tierra principal. Debido a diferencias de impedancia, se generaba una gran diferencia de potencial entre los terminales de línea del equipo y la tierra de protección del equipo. Esto daba lugar a un pequeño arco de los circuitos al bastidor del equipo, que resultaba averiado. La solución fue colocar la protección lo más cerca posible del equipo mediante los protectores correctos de descarga disruptiva c.c., de modo que la alimentación principal no pudiera llegar hasta la línea en caso de producirse una falla de la alimentación de energía que incida sobre la tierra del equipo. Se ha experimentado un problema adicional cuando el equipo estaba muy bien puesto a tierra, con lo que parecía ser conexiones cortas al punto de tierra común, es decir, al igual que muchos miles de otras instalaciones, y una resistencia muy baja a tierra en c.c. desde el MDF hasta el MET. Los rayos estaban causando daños en el equipo pese a que se habían instalado protectores. Una investigación más en profundidad mostró que la conexión desde los bloques del MDF hasta la acometida de puesta a tierra era un "rabillo" corto de cable de tierra, lo que creaba una elevada impedancia en la corriente de sobrecarga y, por consiguiente, una caída de alto voltaje en la tierra. Cuando se corrige la conexión a tierra, se resuelve el problema. Cualquier cosa superior a una impedancia aproximada de  $20 \Omega$  puede causar ese problema, incluso una pequeña inductancia.

### **II.3.3.2 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra en las instalaciones del cliente (Australia)**

En Australia el rayo ha causado muchos daños a pequeños sistemas de conmutación de cliente como resultado de diferencias de potencial en la línea de telecomunicación y la alimentación de energía principal debido a la longitud del hilo entre el bastidor de protección y el terminal de tierra principal. Cuando no era posible reducir la longitud del hilo a menos de unos cuantos metros, hubo que instalar en el equipo una unidad de protección combinada del equipo de telecomunicaciones y del puerto de alimentación. Estas unidades de protección son muy costosas, del orden de 150 US\$ para una unidad (línea de telecomunicaciones) de 10 pares. Las unidades de un solo par pueden costar tan solo 15 US\$. Cabe señalar que es fundamental que esta unidad de protección tenga una toma de tierra completamente conectada entre la protección del puerto de telecomunicaciones y la protección de la línea eléctrica. No todas las unidades tienen esa continuidad eléctrica equipotencial.

### **II.3.3.3 Ejemplo de problema de caída de tensión de tierra en un centro de telecomunicaciones (Australia)**

Telstra ha experimentado daños a los equipos instalados en centros de telecomunicaciones y protegidos mediante protección primaria. La investigación del problema mostró que se producía una falla de aislación entre los cables del MDF y el bastidor del equipo. La tensión de disrupción entre el hilo y el bastidor era de aproximadamente 1,5 kV para una forma de onda de 10/700  $\mu$ s. Esto prueba de modo fehaciente que, en la práctica, pueden ocurrir caídas de tensión de tierra de 1,5 kV y más. En lugar de cambiar el cableado de tierra en la central, se utilizaron equipos diferentes para realizar la función. Estas centrales se ponen a tierra de conformidad con [UIT-T K.27] y el equipo está en una red de continuidad eléctrica aislada. Es necesario que haya un enfoque equilibrado entre las prácticas de instalación, la inmunidad del equipo y la adición de protección externa.

### II.3.3.4 Prueba posible relativa a la inmunidad con relación a la caída de la tensión de tierra

Como se muestra en la cláusula II.3.2, la tensión más importante se produce cuando se utiliza un solo hilo de tierra para conectar el bastidor de protección a la barra de puesta a tierra. La caída de tensión de tierra es menos problemática en el bastidor de protección gracias a los conductores en paralelo del bastidor y también es menos problemática cuando se utilizan varios hilos de puesta a tierra para conectar el bastidor a la barra de puesta a tierra.

Esta prueba no es aplicable si se verifican una o varias de las condiciones siguientes:

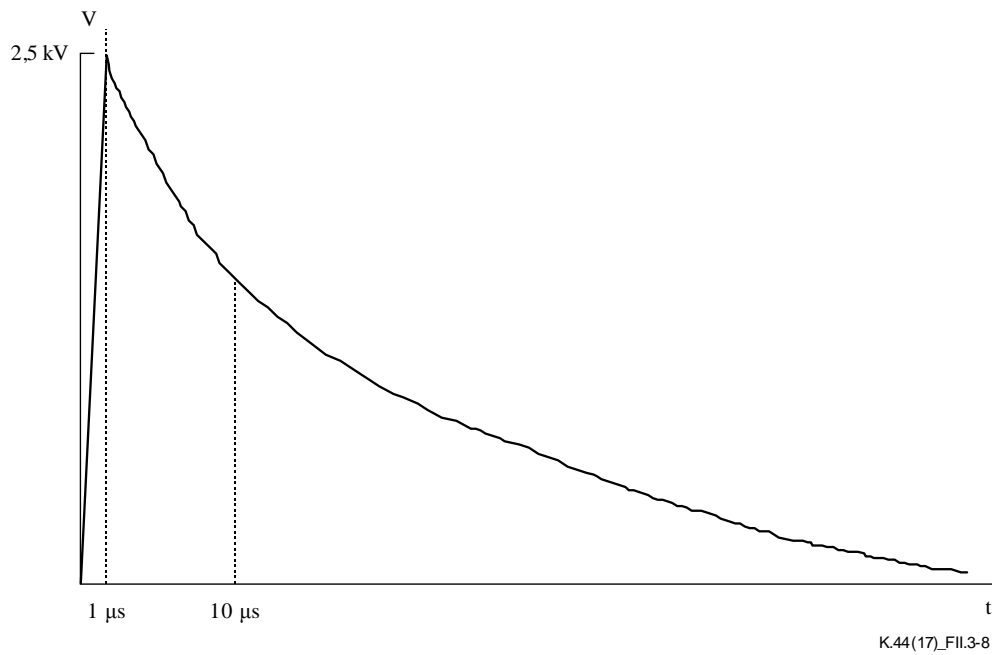
- el conductor de referencia de tierra del equipo está conectado a la base del bastidor de protección;
- se utilizan cables apantallados entre el bastidor de protección y el equipo;
- se utiliza un sistema de puesta a tierra en malla;
- el bastidor de protección está conectado directamente a la red de continuidad eléctrica común mediante conductores cortos ( $< 1$  m).

El Cuadro II.3-2 y el generador de la Figura II.3-9 se basan en la descarga de prueba 4, especificada en el Cuadro 4-2 y en la cláusula 4.6.6 de [b-GR-1089]. La prueba de Telcordia, que se utiliza ampliamente en Norteamérica, tiene una amplitud de cresta máxima en circuito abierto de 2,5 kV.

**Cuadro II.3-2 – Tensión de prueba**

Descripción	$U_{c(máx)}$
Bastidor externo de gran tamaño, con un pequeño número de conductores de bajada o un hilo de tierra largo ( $<10$ m) en un edificio o en un recinto de gran tamaño	2,5 kV
Bastidor externo en un armario con un solo hilo de tierra de longitud mediana ( $<3$ m)	1,5 kV
Bastidor externo pequeño con un hilo de tierra corto ( $<0,5$ m)	No es necesario efectuar la prueba. Se supone que la tensión a la entrada del equipo es inferior a la de las pruebas 2.1 y 2.2 del Cuadro 2a de la Recomendación sobre inmunidad aplicable (por ejemplo, [UIT-T K.20], [UIT-T K.21] o [UIT-T K.45]).

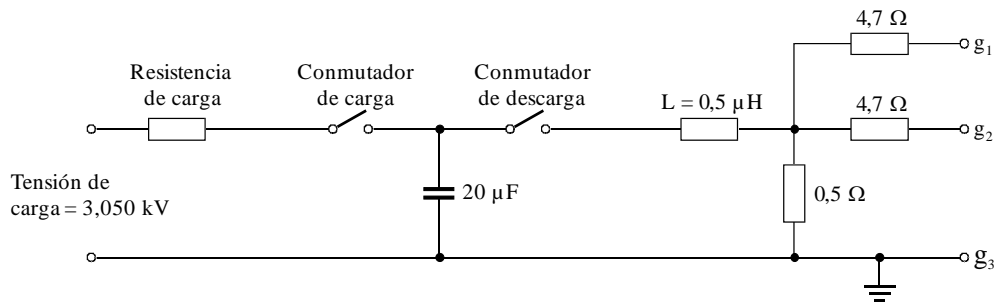
En la Figura II.3-8 se muestra la tensión de descarga aproximativa generada por una corriente de altas crestas conducida en un hilo de continuidad eléctrica.



**Figura II.3-8 – Caída de tensión con respecto a tierra**

El circuito de la Figura II.3-9 produce una forma de onda de 2/10  $\mu$ s y puede utilizarse para reproducir este efecto.

En el Cuadro II.3-3 se da una magnitud aproximativa de la tensión que puede producirse.



L toma un valor pequeño y en su mayor parte corresponde a la inductancia parásita del cableado, que puede ser necesario ajustar para obtener el frente necesario de 2  $\mu$ s. La tensión de carga se ajusta para obtener la tensión de salida o/c necesaria.

**Figura II.3-9 – Generador de descarga de corriente de 2/10  $\mu$ s**



**Cuadro II.3-3 – Prueba relativa a la caída de tensión con respecto a tierra**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba	Nivel de la prueba	Número de pruebas	Protección primaria acordada	Criterios de aceptación	Comentarios
1.1	Caída de tensión por el hilo de puesta a tierra	Figuras II.3-9 y A.5.1	Véase el Cuadro II.3-2	5	5 de cada polaridad	A	Se aplica únicamente a los equipos en que hay un bastidor de protección de gran tamaño y/o un solo hilo de puesta a tierra entre la protección primaria y el punto de tierra común.

#### **II.4 Prueba relativa a las corrientes en los puertos de alimentación de energía principal**

Cuando cae un rayo sobre un edificio o un recinto que alberga equipos de telecomunicaciones, la forma de onda de la corriente es considerablemente más larga que la forma de onda de 8/20  $\mu$ s tradicionalmente utilizada para probar los puertos de alimentación de energía principal. Estudios realizados en Alemania han mostrado que la forma de onda de la corriente generada cuando el rayo cae directamente puede tener un valor mitad de hasta 350  $\mu$ s. En [Manual b-UIT-T] hay un ejemplo que muestra que las descargas sobre la línea de alimentación de energía principal pueden tener colas largas. Las pruebas realizadas en alimentaciones de energía en modo conmutación han mostrado que una cola de 350  $\mu$ s puede causar daños, a diferencia de una cola de 20  $\mu$ s. No existe documentación relativa a este tipo de daños. Por tanto, se propuso utilizar el valor 10/350  $\mu$ s para comprobar la coordinación de la protección primaria con el equipo sometido a prueba. Durante las discusiones al respecto en el UIT-T no pudo llegarse a un acuerdo sobre esta prueba, que debe ser objeto de más estudios. La prueba relativa a la coordinación en las Recomendaciones genéricas requiere una forma de onda de 8/20  $\mu$ s.

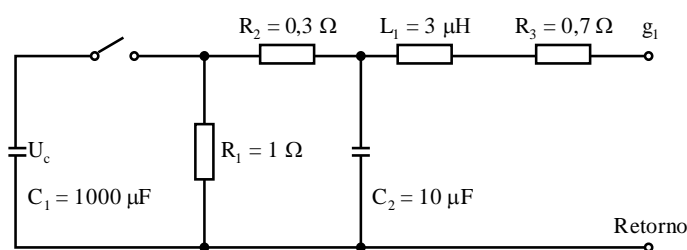
La prueba propuesta figura en el Cuadro II.4-1.

**Cuadro II.4-1 – Prueba relativa a la coordinación para los puertos de alimentación de energía principal destinada a simular el caso de un rayo que cae directamente en el edificio o el recinto**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba	Nivel de la prueba	Número de pruebas	Protección primaria acordada	Criterios de aceptación
1.x.a	Coordinación entre el puerto de alimentación de energía y la incidencia directa del rayo L-N	Figuras II.4-1 y A.6.4-1	$I_{(m\acute{a}x)} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \Omega$	5 de cada polaridad	Protector primario acordado (red de energía principal)	A Obsérvese que debe funcionar un protector de conmutación a $I_{(m\acute{a}x)}$

**Cuadro II.4-1 – Prueba relativa a la coordinación para los puertos de alimentación de energía principal destinada a simular el caso de un rayo que cae directamente en el edificio o el recinto**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba	Nivel de la prueba	Número de pruebas	Protección primaria acordada	Criterios de aceptación
1.x.b	Coordinación entre el puerto de alimentación de energía y la incidencia directa del rayo L+N-E	Figuras II.4-1 y A.6.4-2	$I_{(m\acute{a}x(L+N))} = 10 \text{ kA}$ $R = 0 \ \Omega$	5 de cada polaridad	Protector primario acordado (red de energía principal)	A Obsérvese que debe funcionar un protector de conmutación a $I_{(m\acute{a}x)}$



NOTA – Es posible que se tenga que ajustar  $L_1$  para obtener el tiempo de elevación correcto.

K.44(17)\_FII.4-1

**Figura II.4-1 – Generador de descargas de corriente de 10/350 µs**

## II.5 Elevación del potencial de tierra y del neutro

### II.5.1 Antecedentes

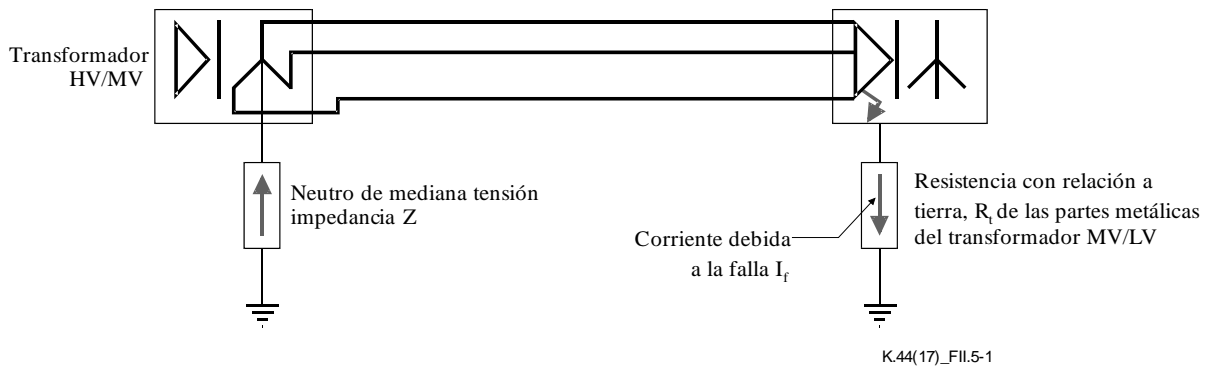
Dependiendo del diseño de la red pública de distribución de baja tensión, pueden producirse en la planta de energía de baja tensión algunos riesgos tales como la elevación del potencial del neutro y la transferencia de la descarga del rayo.

### II.5.2 Explicación

La elevación del potencial de tierra y del neutro ocurre principalmente cuando hay ruptura del aislamiento del transformador MV/LV o funcionan los descargadores para evitar la destrucción del transformador por la inducción producida por el rayo o por un rayo directo en la línea. Una corriente importante de 50 Hz circula y el potencial de tierra aumenta.

#### II.5.2.1 Elevación del potencial de tierra

El primer punto es entender la manera de limitar la elevación del potencial de tierra (EPR, *earth potential rise*) cuando se produce un fallo en la planta de energía. Véase la Figura II.5-1.



**Figura II.5-1 – Factores que afectan a la corriente debida al fallo**

La corriente debida al fallo,  $I_f$ , del caso más desfavorable se obtiene al despreciar la impedancia de la línea HV y acoplado la tierra de las partes metálicas del transformador y otros sistemas de puesta a tierra como la tierra del neutro.

$$I_f = U / \sqrt{3 \cdot (Z + R_t)}$$

donde U es la tensión entre los conductores activos de mediana tensión.

La elevación del potencial de tierra en el transformador MV/LV es  $EPR = R_t \cdot I_f$  (LV = baja tensión (*low voltage*)).

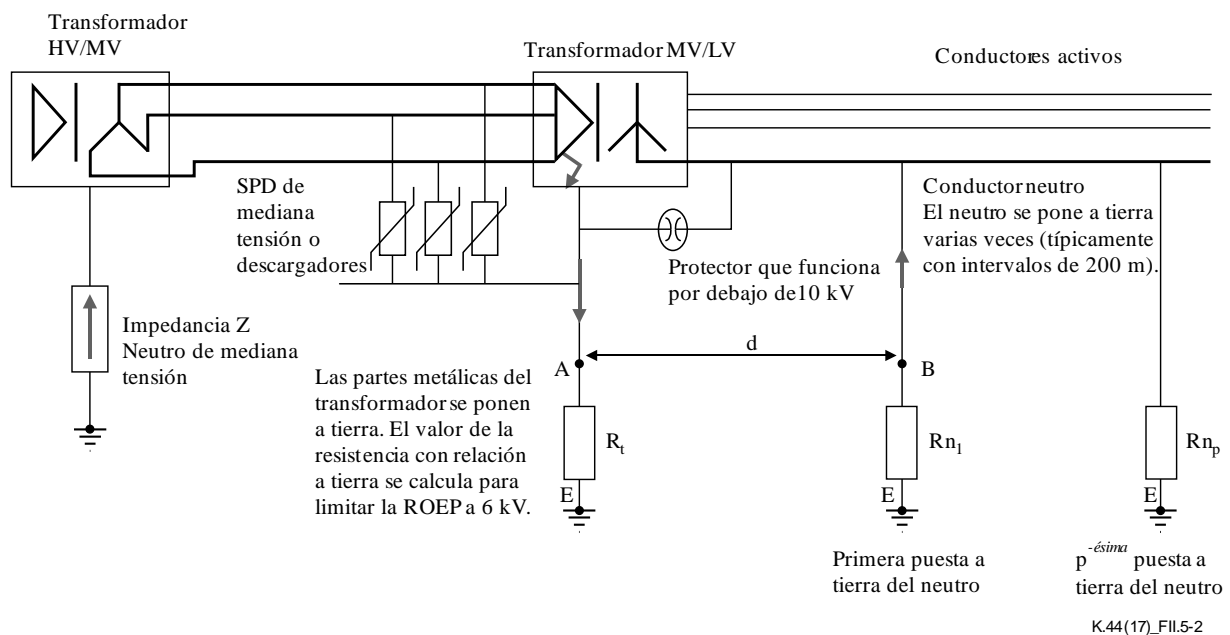
En Francia este valor EPR está limitado a 6 kV.

### II.5.2.2 Elevación del potencial del neutro

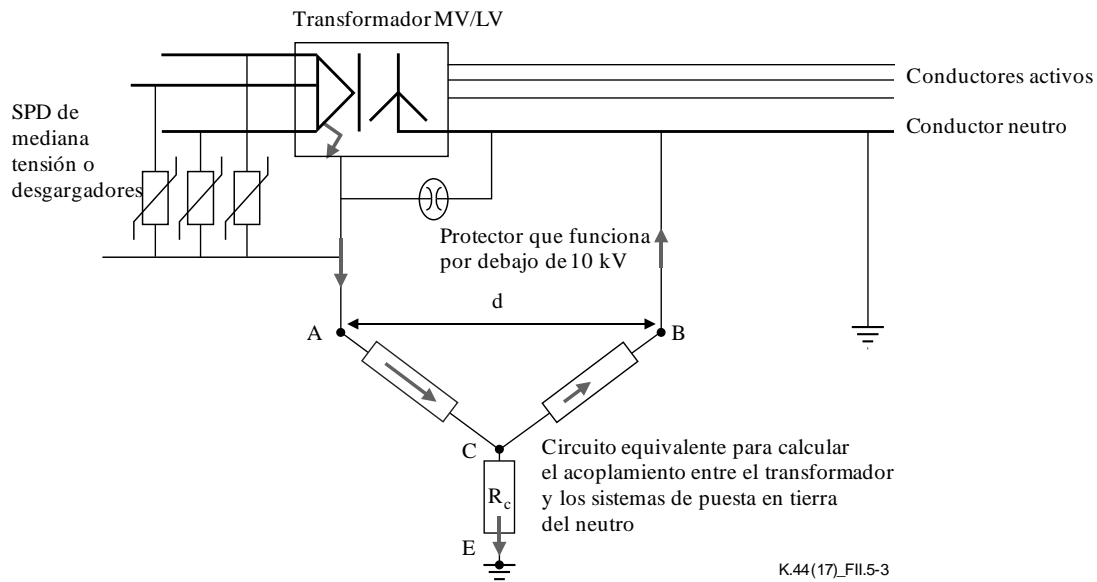
#### II.5.2.2.1 Acoplamiento entre el transformador y sistemas de puesta a tierra del neutro

Debido al diseño de la puesta a tierra del neutro, el potencial del neutro aumenta por acoplamiento conductivo cuando la mediana tensión se conecta accidentalmente a tierra.

Las reglamentaciones nacionales pueden fijar límites para esta elevación del potencial del neutro (por ejemplo, 1500 V en Francia). Véanse las Figuras II.5-2 y II.5-3.



**Figura II.5-2 – Acoplamiento con el neutro LV**



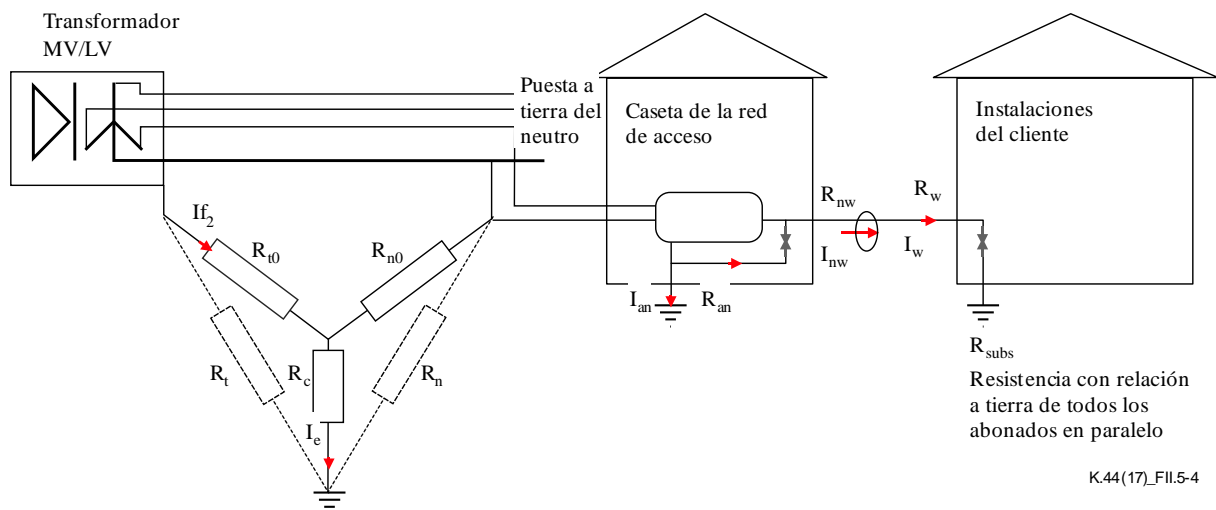
**Figura II.5-3 – Limitación de la EPR mediante el diseño de puesta a tierra**

La resistencia de acoplamiento  $R_c = \rho \cdot I / 2 \cdot \pi \cdot d$  se ajusta variando  $d$  para obtener una elevación del potencial del neutro inferior a 1500 V o una relación de acoplamiento ( $V_{AE}/V_{BE}$ ) inferior al 15% cuando se produce un fallo.

Cuando la resistividad del suelo es alta, los valores de las resistencias calculados pueden no cumplirse y la elevación del potencial de tierra puede ser superior a 1500 V.

### II.5.2.3 Corrientes que pueden circular a través del equipo

Véase la Figura II.5-4.



**Figura II.5-4 – Mecanismo de flujo de corriente a través del equipo**

Cuando se supone que:

- 28 clientes están conectados con los mismos pares simétricos (longitud 5 km, diámetro del hilo 0,4 mm);
- la resistencia equivalente de todos los sistemas de puesta a tierra en paralelo es 2  $\Omega$ ;
- la resistencia con relación a tierra de la caseta de la red de acceso es 50  $\Omega$ ;

- las características del sistema de alimentación son  $Z = j40 \Omega$ ,  $R_t = 30 \Omega$ ,  $R_n = 15 \Omega$ ,  $d = 8 \text{ m}$ ;
- la resistividad del suelo es  $300 \Omega \cdot \text{m}$ ;

los resultados del cálculo muestran que decenas de amperios pueden fluir a través del equipo (descarga disruptiva entre el puerto de alimentación de la red y la tierra del equipo) al sistema de puesta a tierra del gabinete de la red de acceso.

La corriente que puede fluir también directamente por los SPD de la línea de telecomunicación (si están instalados y en caso de descarga disruptiva entre el puerto de alimentación de la red y la tierra del equipo) o a través del equipo (descarga disruptiva entre los puertos externos de alimentación de la red y de telecomunicación) a la instalación del cliente ( $I_w$ , es aproximadamente 1 A).

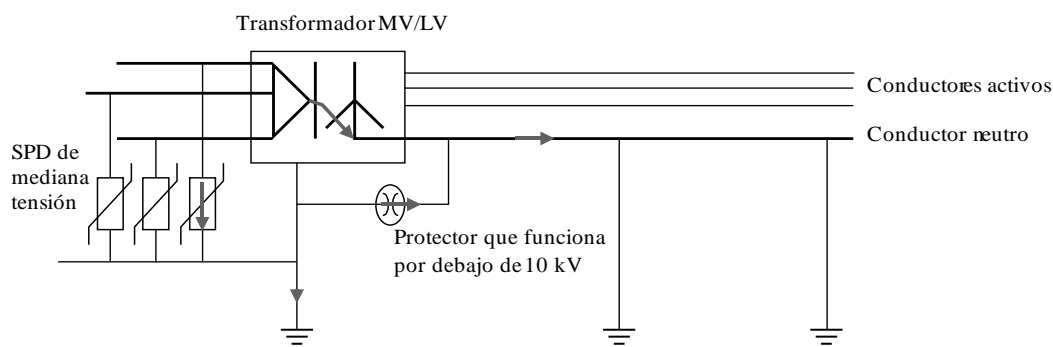
Obsérvese que el cálculo se basa en el mismo principio cuando en la Figura II.5-4 se sustituye la instalación del cliente por un centro de telecomunicación o el gabinete de red de acceso por la instalación del cliente.

#### II.5.2.4 Transferencia de las descargas

La transferencia de las descargas directas o inducidas por el rayo de la línea de mediana tensión a la de baja tensión puede ocurrir principalmente si:

- 1) la ruptura del aislamiento del transformador se evita derivándolo con un protector;
- 2) se rompe el aislamiento del transformador entre los arrollamientos de media y baja tensión.

Véase la Figura II.5-5.



K.44(17)\_FII.5-5

**Figura II.5-5 – Transferencia de la sobretensión al neutro**

En el caso 1 la descarga irá seguida de una corriente significativa de 50 Hz cuando se utilizan descargadores, y en el caso 2 siempre.

#### II.6 Requisitos especiales de inmunidad

En la cláusula 5.3 se especifica cuándo son necesarios los requisitos de inmunidad especiales.

En el Cuadro II.6-1 se presentan los requisitos especiales utilizados para garantizar la seguridad y la inmunidad cuando no se puede lograr la continuidad eléctrica.

Estos requisitos especiales se suman a las pruebas mejoradas UIT-T K.21 o UIT-T K.45, y se aplican a los equipos con SPD puestos a tierra y sin SPD puestos a tierra.

Para garantizar la seguridad del cliente, sin una adecuada puesta a tierra y continuidad eléctrica, el equipo debe disponer de aislamiento entre puertos como se indica en el Cuadro II.6-1. Para garantizar la seguridad con SPD puestos a tierra, se requiere una adecuada puesta a tierra y continuidad eléctrica.

**Cuadro II.6-1a – Condiciones de prueba de descarga del rayo para puertos conectados a cables de pares simétricos externos**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba y forma de onda (véanse las figuras del Anexo A)	Niveles de prueba especiales (véanse también las cláusulas 5 y 7)	Número de pruebas	Protección primaria	Criterios de aceptación	Comentarios
2.1.2a	Transversal, protección inherente contra el rayo, un solo puerto	A.3-1 y A.6.1-1 (a y b) 10/700 µs	$U_{c(máx)} = 4 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$	5 de cada polaridad	Proyecto de prueba especial, véase la cláusula 8.4/K.44	A Cuando la prueba se realiza con $U_c = U_{c(máx)}$ , el protector de prueba especial debe funcionar. Por supuesto, también puede funcionar con una tensión de $U_c < U_{c(máx)}$ .	Cuando el equipo contiene componentes que transportan alta corriente que elimina la necesidad de protección primaria, véase la cláusula 10.1.1. Se están examinando pruebas de puerto Ethernet.
2.1.2b	Puerto a tierra, protección inherente contra el rayo, un solo puerto	A.3-1 y A.6.1-2 10/700 µs	$U_{c(máx)} = 13 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				
2.1.2c	Puerto a puerto externo, protección inherente contra el rayo, un solo puerto	A.3-1 y A.6.1-3 10/700 µs	$U_{c(máx)} = 13 \text{ kV}$ $R = 25 \Omega$ $R_1 = 100 \Omega$				

**Cuadro II.6-1b – Condiciones de prueba especiales de descarga del rayo para los puertos de alimentación de energía principal**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba y forma de onda (véanse las figuras del Anexo A)	Niveles de prueba especiales (véanse también las cláusulas 5 y 7)	Número de pruebas	Protección primaria	Criterios de aceptación	Comentarios
5.1.1a	Transversal, protección inherente contra el rayo	A.3-5 y A.6.4-1 onda combinada	$U_{c(máx)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$	5 de cada polaridad	Ninguna Cuando se realice una prueba de puerto externo a puerto de par simétrico, sírvase añadir también un STP/protector primario al puerto no sometido a prueba. $R1 = 100 \Omega$ para el puerto no sometido a prueba.	A	
5.1.1b	Puerto a tierra, protección inherente contra el rayo	A.3-5 y A.6.4-2 onda combinada	$U_{c(máx)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				
5.1.1c	Puerto a puerto externo, protección inherente contra el rayo	A.3-5 y A.6.4-3 onda combinada	$U_{c(máx)} = 10 \text{ kV}$ $R = 0 \Omega$				

**Cuadro II.6-1c – Condiciones de prueba especiales de descarga del rayo para puertos conectados a cables internos**

Prueba N.º	Descripción de la prueba	Circuito de prueba y forma de onda (véanse las Figuras del Anexo A)	Niveles de prueba especiales (véanse también las cláusulas 5 y 7)	Número de pruebas	Protección primaria	Criterios de aceptación	Comentarios
7.1	Cable no apantallado	Línea interna POTS transversal/diferencial Figuras A.3-5 y A.6.6-1 (a y b) Onda combinada $R = 2 \Omega$	$U_{c(máx)} = 4 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$  O  $U_{c(máx)} = 8 \text{ kV} (10 \text{ A}^2\text{s})$	5 de cada polaridad	Ninguna	A	Sólo se aplica a puertos POTS.
		Línea interna POTS a tierra Figuras A.3-5 y A.6.5-1. Onda combinada $R = 10 \Omega$ Figuras A.3-1 y 6.5-1 $10/700 \mu\text{s}$ $R = 25 \Omega$	$U_{c(máx)} = 10 \text{ kV}$  Y $U_{c(máx)} = 13 \text{ kV}$				
7.2	Puerto de cable apantallado (incluye puertos de cable coaxial)	Figuras A.3-5 (1,2/50-8/20 CWG) y A.6.5-2 $R = 0 \Omega$	$U_{c(máx)} = 10 \text{ kV}$	Alternando $\pm 5$ descargas (60 s entre descargas sucesivas)	Ninguna	A	(También se requiere una prueba de nivel de tensión más baja – véase la cláusula 7.3 de [UIT-T K.44].)

NOTA – Para los equipos sin conexión a tierra, sírvase envolver el equipo en una lámina y conectar la lámina al retorno de tierra del generador.



## II.7 Incendio de equipos que cumplen la Recomendación UIT-T K.21

Un operador de red ha experimentado un problema al incendiarse un equipo que cumple con [UIT-T K.21]. El problema se pudo reproducir realizando la prueba de contacto con la línea de energía en una muestra que había sido sometida a la prueba de inducción debida a líneas de energía. Ulteriormente se llegó a la conclusión de que la prueba de inducción debida a líneas de energía estaba dañando el PTC, pero no lo suficiente como para que se observara en las pruebas funcionales.

Para comprobar ese efecto, se sugiere aplicar la prueba 2.3.1a (4.3.1a) de [UIT-T K.21], utilizando el resistor de prueba de  $20 \Omega$ , a un puerto que ya haya sido sometido a la prueba inherente de inducción debida a líneas de energía.

## II.8 Ethernet

### II.8.1 Aislamiento

Muchos elementos de los equipos están protegidos porque que su voltaje de tensión de resistencia del aislamiento es mayor el sistema transitorio previsto. Un ejemplo de un sistema distinto de telecomunicaciones es la tensión de resistencia de un devanado de motor en su rotor o estator metálico. El aislamiento constituye una separación entre dos partes conductoras en diferentes potenciales eléctricos. El aislamiento está formado por los tres elementos siguientes:

- aislamiento: material aislante interpuesto entre dos partes conductoras;
- distancia de aislamiento: distancia más corta a lo largo de la superficie de un material aislante entre dos partes conductoras;
- línea de fuga: distancia aérea más corta entre partes conductoras.

Las distancias de seguridad se establecen para que la diferencia de tensión no interrumpa la línea de fuga. Las distancias de aislamiento se establecen para que la diferencia máxima de tensión prevista y el grado de contaminación no causen una avería o ruptura (*tracking*) en la superficie de aislamiento.

El grosor de aislamiento sólido se establece para que la diferencia máxima de tensión prevista no cause averías. En los transformadores, el aislamiento sólido separa dos o más arrollamientos. Los transformadores pueden utilizarse en circuitos de interfaz de puerto para asegurar el aislamiento o la adaptación de impedancias o ambos. El puerto de señal aislado del transformador más común es el puerto Ethernet.

La coordinación del aislamiento es el procedimiento de diseño que consiste en hacer que la tensión de aislamiento sea mayor que la diferencia de tensión prevista entre dos circuitos separados. En el caso de los transformadores, la tensión nominal de aislamiento suele estar expresada en tensión RMS en c.a. En el caso de los equipos sujetos a descargas del rayo, es más conveniente utilizar la tensión nominal de choque. El impulso estándar utilizado para la prueba tiene una forma de onda de  $1,2/50 \mu\text{s}$ . El generador de ondas combinadas  $1,2/50-8/20$  puede utilizarse para las pruebas de aislamiento.

Después de la prueba, se mide la resistencia de aislamiento del puerto [b-CEI 60950-1], [b-IEEE 802.3]. El requisito estándar es que la resistencia de aislamiento de 500 V c.c. debe ser  $> 2 \text{ M}\Omega$ . El fabricante y el comprador puede acordar valores diferentes valores de tensión de prueba.

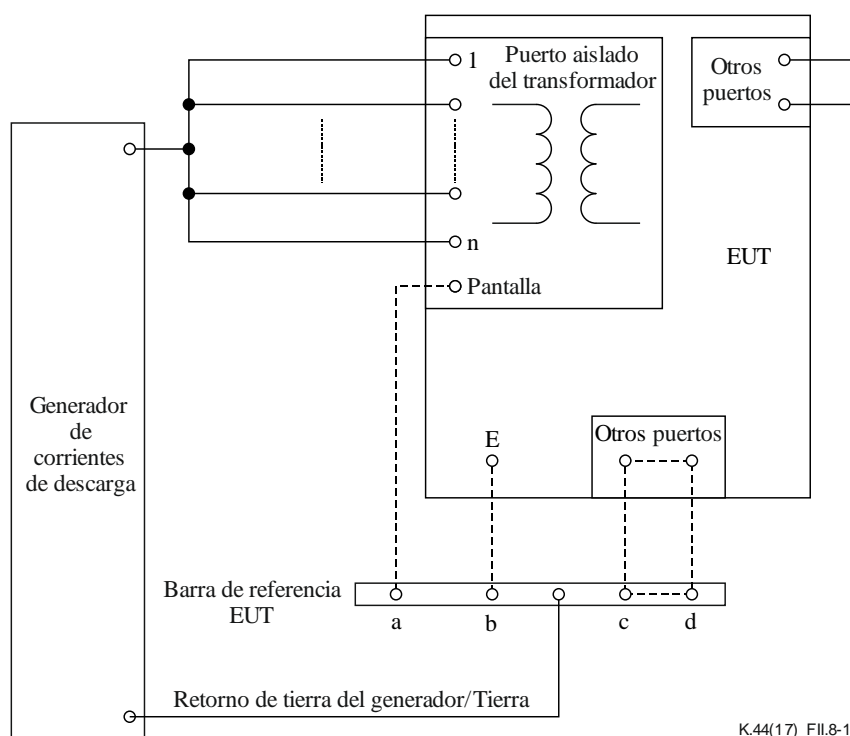
### II.8.2 Puertos Ethernet

En la norma IEEE para los puertos Ethernet [b-IEEE 802.3] se utilizan tensiones de aislamiento de 1,5 kV RMS, 2,25 kV c.c. y un impulso de 2,4 kV  $1,2/50 \mu\text{s}$ . Estos niveles de tensión son para la Norma IEEE [b-IEEE 802.3] Entorno A. Entorno A es cuando una LAN o un segmento LAN, con todo su equipo interconectado asociado, está totalmente contenido en un único sistema de distribución de energía de bajo voltaje y dentro de un solo edificio. En muchos países, es habitual que haya dos redes de baja tensión en un edificio para poder conectar aparatos de alta potencia entre los dos

suministros. En la Norma IEEE [b-IEEE 802.3] se considera que esa disposición sigue constituyendo un único sistema de distribución de energía de bajo voltaje.

Según la Norma IEEE [b-IEEE 802.3], la tensión de choque del nivel de prueba de aislamiento básico debería ser de 2,4 kV, 1,2/50. Las Recomendaciones del UIT-T suelen tener niveles de prueba máximos de 6 kV. Para que se produzca la coordinación del aislamiento con un transitorio de 6 kV, la barrera de aislamiento necesita una tensión nominal de choque mejorada de aproximadamente 8 kV.

Las pruebas de resistencia eléctrica de aislamiento pueden realizarse con el equipo apagado ya que no supondrá una gran diferencia para la resistencia de aislamiento. Se deben realizar pruebas ulteriores para comprobar el valor de la resistencia de aislamiento y que el equipo sigue cumpliendo sus especificaciones de funcionamiento. La verificación de la tensión nominal de choque de un puerto Ethernet es comparativamente sencilla. El impulso se aplica a los terminales del puerto Ethernet utilizados para la señal y la alimentación. El retorno de tierra del generador se conecta a las partes aisladas eléctricamente accesibles del equipo. Esas partes podrían ser la pantalla protectora del cable Ethernet, el terminal de tierra funcional o protector, todos los demás terminales de puerto de señal y los terminales de puerto de alimentación. En la Figura II.8-1 se muestra esta configuración de prueba. Los dispositivos alimentados por PoE con un solo puerto para cable UTP<sub>E</sub> carecen de un terminal de tierra de referencia adecuado y deberían someterse a prueba con una envoltura de lámina metálica.



**Figura II.8-1 – Circuito básico para la verificación de la tensión nominal de choque del puerto Ethernet**

### II.8.3 Sobretensiones Ethernet

Una conexión Ethernet LAN es directa, de un equipo a otro, y está limitada a 100 m.

#### II.8.3.1 Rayo

Las descargas del rayo se introducen probablemente por inducción, elevación del potencial de tierra y a través de una barrera de aislamiento en serie. Estas descargas serán de manera inherente longitudinales/en modo común en la naturaleza. La resistencia a sobrecargas longitudinales/en modo común se comprueba mediante el circuito de prueba A.6.7-4. Las descargas transversales/diferenciales suelen ser el resultado del funcionamiento del limitador de tensión que convierte la

sobrecarga, véase la cláusula II.8.4. Los fabricantes no suelen declarar el uso de SPC para puentear la barrera de aislamiento del puerto Ethernet y suelen añadirse SPD externos porque se cree que protegerán el puerto. Para tener presentes las descargas transversales/diferenciales causadas por esos factores desconocidos, los fabricantes pueden incluir protección contra sobrecargas transversales/diferenciales en puertos Ethernet con base únicamente en la coordinación del aislamiento para la protección contra sobrecargas longitudinales/en modo común. El equipo de alimentación por Ethernet (PoE) debe comprobarse para detectar descargas entre pares de alimentación como se muestra en el circuito de prueba A.6.7-2.

### **II.8.3.2 Fallos del sistema de energía**

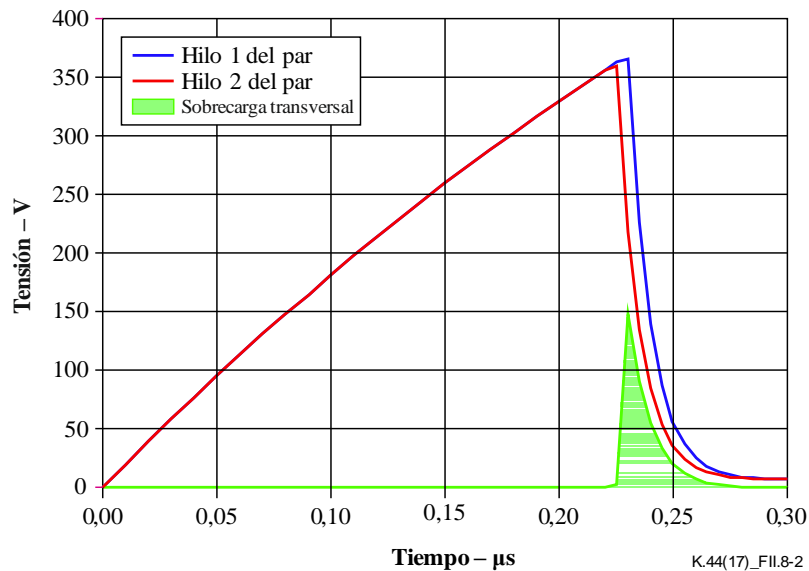
El hecho de que los cables LAN sean cortos implica que las tensiones de inducción en c.a. provocadas por fallos en c.a. probablemente sean bajas. El contacto directo con las fuentes de alimentación en c.a. del edificio es posible a través de una conexión directa o el fallo de una barrera de aislamiento de la fuente de alimentación. Si el puerto cumple con el valor de resistencia de aislamiento requerido con una tensión de prueba mayor que la tensión de cresta de la red local de c.a., no se realizan pruebas cruzadas.

### **II.8.3.3 Cables de Ethernet por par trenzado no apantallado (UTP<sub>E</sub>) y cables de Ethernet por par trenzado apantallado (STP<sub>E</sub>)**

En el enfoque de prueba utilizado en esta cláusula se da por sentado que se utilizan cables UTP<sub>E</sub>. Los puertos Ethernet que proporcionan una conexión de pantalla de cables se someten a prueba para detectar posibles rupturas de aislamiento entre el terminal de pantalla y los demás terminales. Si se exige que se utilicen cables STP<sub>E</sub>, que los puertos Ethernet conectados tengan una conexión de pantalla y que cualquier SPD conectado mantenga la continuidad de pantalla, esos arreglos se pueden someter a prueba como un caso de cable apantallado.

### **II.8.4 SPC y SPD**

Algunos diseños incluyen SPC para proteger la barrera de aislamiento contra fenómenos transitorios de tensión longitudinales/en modo común excesivos, y pares de señales y potencia contra fenómenos transitorios transversales/diferenciales. Los fenómenos transitorios inherentemente transversales/diferenciales serán causados por el funcionamiento asíncrono de los SPC que puentean la barrera de aislamiento. En la Figura II.8-2 se muestra cómo funciona. El SPC de conmutación en el cable rojo 1 conmuta primero en el frente de tensión ascendente. El SPC de conmutación en el cable azul 2 conmuta a continuación porque tiene una tensión límite más elevada. Esta conmutación asíncrona se traduce en un componente transitorio transversal/diferencial de 150 V entre el cable 1 y el cable 2, que se representa en la zona sombreada en verde.



**Figura II.8-2 – Componente transitorio transversal/diferencial causado por el funcionamiento asíncrono de los SPC**

Las formas de onda son más complicadas en el caso de un par de hilos trenzados debido al acoplamiento, pero seguirá generándose un componente transitorio transversal/diferencial entre el cable 1 y el cable 2.

Los SPC entre cables (que no reducen la barrera de aislamiento) no deberían interactuar con las pruebas de aislamiento. Los SPC que puentean la barrera de aislamiento consumirán corriente una vez que se supere su umbral de tensión. Para que los SPC puedan funcionar durante la prueba de aislamiento, deben añadirse resistores de limitación y compartición de corriente a la salida del generador. El número de resistores será cuatro para los puertos que solo utilizan dos de los pares trenzados y ocho para los puertos que utilizan cuatro pares trenzados. Los SPD externos pueden tener el mismo efecto que los SPC de puerto. En las Figuras A.6.7-1 a A.6.7-4 se muestra la posición y los valores de esos resistores.

### II.8.5 Barreras de aislamiento en serie

Cuando una parte del equipo tiene un adaptador de alimentación de clase II incorporado, debe someterse a prueba la combinación completa del equipo y el adaptador. Es necesario realizar pruebas combinadas debido a que la tensión de aislamiento resultante puede ser inferior a la simple suma de los valores de tensión del puerto Ethernet y del adaptador del puerto de alimentación del sector aislamiento. La compartición de tensión entre dos barreras de aislamiento en serie puede ser difícil de predecir como consecuencia de la distribución dinámica y estática de la tensión, por lo que debería medirse.

Los puertos Ethernet que tienen SPC que puentean la barrera de aislamiento pueden desviar eficazmente toda la tensión de prueba hacia la barrera de aislamiento del adaptador cuando los SPC están en funcionamiento. Si esto ocurre, la barrera de aislamiento del adaptador debería ser clasificada según la tensión total entre puertos. Del mismo modo, si un puerto Ethernet dependiente únicamente del aislamiento está conectado a uno con SPC que reducen la barrera de aislamiento, toda la tensión inducida aparecería a través del puerto Ethernet dependiente del aislamiento. Si esto ocurre, el puerto Ethernet dependiente del aislamiento debería clasificarse según la tensión total entre puertos. Otras complicaciones relativas al caso del puerto Ethernet mixto son que los fenómenos transitorios transversales/diferenciales generados por el puerto SPC podrían dañar el otro puerto. Los SPD externos conectados a una toma de tierra local y no al nodo de referencia del circuito secundario pueden introducir descargas en el puerto del equipo debido a las tensiones EPR locales.

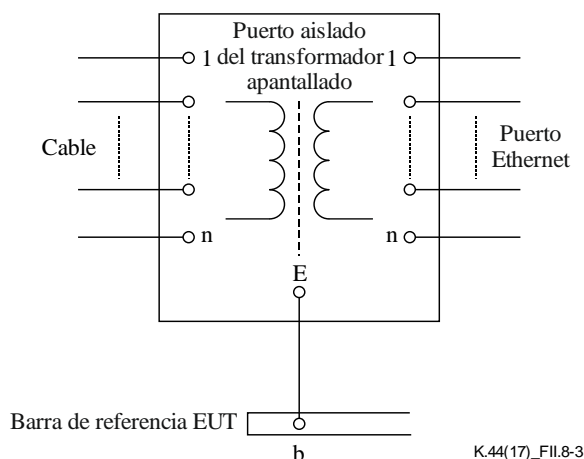
En resumen, los puertos Ethernet con SPC o SPD incorporados pueden aumentar los niveles de tensión en el adaptador de alimentación y los puertos Ethernet asociados. El aumento de la tensión de la barrera de aislamiento frente a la tensión total entre puertos detiene la posible ruptura de aislamiento. En el caso de los puertos Ethernet, la inclusión de SPC entre los cables de un par y los pares para PoE permitiría mitigar cualquier fenómeno transitorio transversal/diferencial generado.

## II.8.6 Aumento de la tensión nominal de choque

Existen comúnmente dos técnicas para aumentar la tensión: una barrera de aislamiento de alta tensión en línea o un SPD Ethernet diseñado especialmente para ello.

### II.8.6.1 Barrera de aislamiento de alta tensión en línea

En esta solución se utilizan transformadores de aislamiento en serie con una tensión nominal superior a la del puerto Ethernet del equipo. Se trata nuevamente de dos barreras de aislamiento en serie. Para evitar problemas de distribución de la tensión, los transformadores en serie se pueden realizar con una pantalla entre los arrollamientos para desacoplar capacitivamente el puerto Ethernet del equipo. En la Figura II.8-3 se muestra el método de diseño básico.

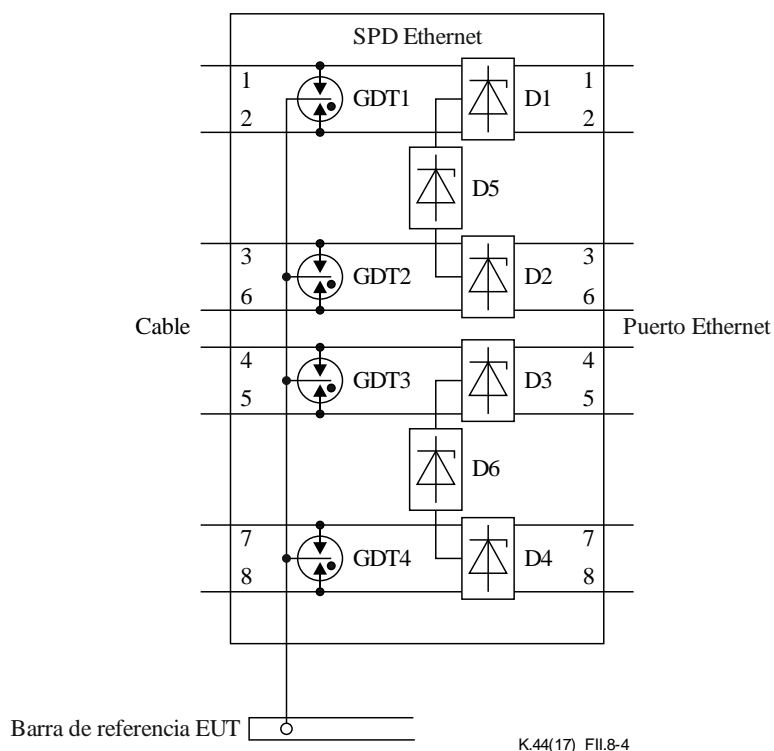


**Figura II.8-3 – Aislamiento en línea del transformador apantallado**

También se pueden utilizar SPC en el lado del puerto Ethernet para limitar la tensión máxima longitudinal/en modo común.

### II.8.6.2 SPD Ethernet

Un SPD diseñado con cuidado permite superar los problemas causados por la conmutación del funcionamiento del SPC. En la Figura II.8-4 se muestra un diagrama de bloques de dicha disposición.



**Figura II.8-4 – Diagrama de bloques de un SPD Ethernet**

Los SPC GDT, GDT1, GDT2, GDT3 y GDT4 puentean el aislamiento. Los GDT de una sola cámara con tres electrodos se utilizan para minimizar la generación del componente transitorio transversal/diferencial en cada par trenzado. Una disposición GDT más compleja podría reducir los fenómenos transitorios entre los pares de alimentación PoE, pero en esta figura, las redes de protección D5 y D6 limitan esos fenómenos transitorios. Los fenómenos transitorios entre los hilos de un par trenzado están limitados por las redes de protección D1 a D4. Si la conducción del GDT tiene lugar en condiciones de contacto con la línea de energía en c.a., la protección contra sobrecorrientes de entrada en serie debería preceder los GDT.

Las técnicas de diseño de protección primaria POTS convencionales no suelen ser adecuadas para el uso de Ethernet por los motivos explicados en la cláusula II.8.3 y aquí.

## Bibliografía

- [b-UIT-T K.46] Recomendación UIT-T K.46 (2012), *Protección de las líneas de telecomunicación que utilizan conductores simétricos metálicos contra las sobrecargas inducidas por el rayo.*
- [b-UIT-T K.50] Recomendación UIT-T K.50 (2016), *Límites de seguridad para tensiones y corrientes de explotación en sistemas de telecomunicación alimentados por la red.*
- [b-UIT-T K.66] Recomendación UIT-T K.66 (2011), *Protección de las instalaciones del cliente contra las sobretensiones.*
- [b-UIT-T K.82] Recomendación UIT-T K.82 (2010), *Características y clasificación de protectores contra sobrecorrientes de estado sólido con restablecimiento automático para la protección de instalaciones de telecomunicaciones.*
- [b-UIT-T K.98] Recomendación UIT-T K.98 (2014), *Guía de protección contra la sobretensión para equipos de telecomunicaciones en los locales del cliente.*
- [b-UIT-T Manual] Manual del UIT-T (2004), *Medidas de mitigación en las instalaciones de telecomunicaciones*, UIT, Ginebra.  
<<http://www.itu.int/publ/T-HDB-EMC.6-2004/en>>
- [b-CEI 60050-151] CEI 60050-151 Amd. 1 (2012), *Amendment 1 – International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices.*  
<[http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum\\_PK/9999912210?OpenDocument](http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/9999912210?OpenDocument)>
- [b-CEI 60950-1] CEI 60950-1 (2005), *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/035320>>
- [b-CEI 61643-21] CEI 61643-21 (2000), *Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/026430>>
- [b-CEI 62305-4] CEI 62305-4 (2010), *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures.*  
<<http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf>>
- [b-GR-1089] Telcordia Technologies GR-1089-CORE (2011), *Electromagnetic Compatibility and Electrical Safety – Generic Criteria for Network Telecommunications Equipment.*  
<<http://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/newcust.pl?page=idosearch&docnum=GR-1089&>>
- [b-IEEE 802.3] IEEE Std 802.3<sup>TM</sup>-2015, *IEEE Standard for Ethernet*  
<<http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>>







## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
<b>Serie K</b>	<b>Protección contra las interferencias</b>
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación