

Mayo 1997

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 5: Ensayos de inmunidad a las ondas de choque

Electromagnetic compability (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 5: Surge immunity test.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4: Techniques d'essai et de mesure. Section 5: Essai d'immunité aux ondes de choc.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-5 de marzo 1995, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 1000-4-5:1995 + Corrigendum de octubre 1995.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 20-21 *Electrotécnico* cuya Secretaría desempeña AENOR.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 15487:1997

©AENOR 1997
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono (91) 432 60 00
Fax (91) 310 40 32

39 Páginas

Grupo 24

ICS 29.020

Descriptor: Material eléctrico, material electrónico, compatibilidad electromagnética, perturbación radio-eléctrica, interferencia electromagnética, onda de choque, sobretensión eléctrica, método de ensayo, condiciones de ensayo.

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 5: Ensayos de inmunidad a las ondas de choque
(CEI 1000-4-5:1995)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4: Testing and measurement
techniques. Section 5: Surge immunity
test.
(IEC 1000-4-5:1995)

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4: Techniques d'essai et de
mesure. Section 5: Essai d'immunité aux
ondes de choc.
(CEI 1000-4-5:1995)

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4: Prüf- und
Meßverfahren. Hauptabschnitt 5:
Prüfung der Störfestigkeit gegen
Stoßspannungen.
(IEC 1000-4-5:1995)

Esta Norma Europea ha sido aprobada por CENELEC el 1995-03-06. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la Norma Europea como norma nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CENELEC, o a través de sus miembros.

Esta Norma Europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CENELEC en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CENELEC son los comités electrotécnicos nacionales de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

CENELEC
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN ELECTROTÉCNICA
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 35 B-1050 Bruxelles

©1995 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

ÍNDICE

	Página
ANTECEDENTES	7
DECLARACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	8
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	8
2 NORMAS PARA CONSULTA	9
3 GENERALIDADES	9
3.1 Transitorios de maniobra	9
3.2 Transitorios debidos a rayos	9
3.3 Simulación de transitorios	10
4 DEFINICIONES	10
5 NIVELES DE ENSAYO	11
6 INSTRUMENTACIÓN DE ENSAYO	12
6.1 Generador (híbrido) de ondas combinadas (1,2/50 μs - 8/20 μs)	12
6.2 Generador de ensayo 10/700 μs de acuerdo con CCITT	13
6.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento	14
7 MONTAJE DE ENSAYO	16
7.1 Equipo de ensayo	16
7.2 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre la alimentación del ESE	16
7.3 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas	16
7.4 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión o de telecomunicación simétricas y no apantalladas (figura 12)	17
7.5 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas apantalladas	17
7.6 Montaje de ensayo para la aplicación de diferencias de potencial	17
7.7 Otros montajes de ensayo	18

	Página
7.8 Condiciones de ensayo	18
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	18
8.1 Condiciones de referencia en laboratorio	18
8.2 Aplicación de la onda de choque en laboratorio	18
9 RESULTADOS DEL ENSAYO E INFORME DEL ENSAYO	19

TABLAS

1 Niveles de ensayo	11
2 Definiciones de los parámetros de la forma de onda 1,2/50 μ s	21
3 Definiciones de los parámetros de la forma de onda 10/700 μ s	23
A.1 Selección de los niveles de ensayo (dependiendo de las condiciones de la instalación)	32

FIGURAS

1 Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas	20
2 Forma de onda de la tensión a circuito abierto (1,2/50 μ s)	21
3 Forma de onda de un de la corriente de cortocircuito (8/20 μ s)	22
4 Esquema simplificado del circuito del generador de ondas de impulsos 10/700 μ s	22
5 Forma de onda de la tensión a circuito abierto (10/700 μ s)	23
6 Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-línea (de acuerdo con 7.2)	24
7 Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-tierra (de acuerdo con 7.2)	24
8 Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y la fase L1 (de acuerdo con 7.2)	25
9 Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y tierra (de acuerdo con 7.2); salida del generador puesto a tierra	26

	Página
10 Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión no apantalladas; acoplamiento línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.3), acoplamiento por condensadores	27
11 Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamiento línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.3), acoplamiento por descargadores	28
12 Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión simétricas y no apantalladas (líneas de telecomunicación); acoplamiento línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.4), acoplamiento por descargadores	29
13 Ejemplo del montaje de ensayo para ensayos practicados sobre líneas apantalladas (de acuerdo con 7.5) para aplicar diferencias de potencial (de acuerdo con 7.6), acoplamiento por conducción	30
14 Ejemplo del montaje de ensayo para ensayos practicados sobre líneas no apantalladas y líneas apantalladas puestas a tierra sólo en un extremo (de acuerdo con 7.5) para aplicar diferencias de potencial (de acuerdo con 7.6), acoplamiento por conducción	30
B.1 Ejemplo de protección contra las ondas de choque por apantallamiento en edificios con sistema común de tierra de referencia	36
B.2 Ejemplo de protección secundaria contra las ondas de choque en edificios con sistemas independientes de tierra de referencia	36
B.3 Ejemplo de protección primaria y secundaria contra las ondas de choque de equipos exteriores e interiores interconectados	37
 ANEXOS	
A (Normativo) – SELECCIÓN DE GENERADORES Y DE LOS NIVELES DE ENSAYO	31
B (Informativo) – NOTAS EXPLICATIVAS	33
C (Informativo) – BIBLIOGRAFÍA	38
ZA (Normativo) – OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES	39

ANTECEDENTES

El texto del documento 65A/77B(OC)41/25, futura edición 1 de la CEI 1000-4-5, preparado por SC 65A, *Cuestiones Relativas a los Sistemas*, del TC, *Medida y Control de Procesos Industriales* de CEI, fue sometido al voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como EN 61000-4-5 el 1995-03-06.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la EN debe ser adoptada a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 1996-03-01
- Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes (dow) 1996-03-01

Los anexos denominados "normativos" forman parte del cuerpo de la norma.

Los anexos denominados "informativos" se dan solo para información.

En esta norma, los anexos A y ZA son normativos, y los anexos B y C informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de esta Norma Internacional CEI 1000-4-5:1995 fue aprobado por CENELEC como Norma Europea sin ninguna modificación.

INTRODUCCIÓN

Esta Norma forma parte de la serie de Normas Internacionales CEI 1000, de acuerdo con la siguiente estructura:

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios fundamentales)
Definiciones, terminología

Parte 2: Entorno

Descripción del entorno
Clasificación del entorno
Niveles de compatibilidad

Parte 3: Límites

Límites de emisión
Límites de inmunidad (en la medida en que no corresponden a la responsabilidad de los Comités de productos)

Parte 4: Técnicas de ensayo y medida

Técnicas de medida
Técnicas de ensayo

Parte 5: Guía de instalación y de atenuación

Guía de instalación
Métodos y dispositivos de atenuación

Parte 9: Varios

Cada parte esta a su vez dividida en secciones que serán publicadas bien como Normas Internacionales o como Informes Técnicos.

Estas Normas e Informes serán publicadas en orden cronológico y numeradas consecuentemente.

Esta sección es una Norma Internacional que da requisitos de inmunidad y procedimientos de ensayo relacionados con corrientes y tensiones de choque.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección de la Norma CEI 1000-4 se refiere a requisitos de inmunidad, métodos de ensayo, y rango de los niveles de ensayo recomendados para los equipos frente a ondas de choque unidireccionales causadas por sobretensiones transitorias de tipo rayo (atmosféricas) y de tipo maniobra. Se definen varios niveles de ensayo relativos a distintos entornos y condiciones de instalación. Estos requisitos se han desarrollado para equipos eléctricos y electrónicos y son aplicables a equipos eléctricos y electrónicos.

El objeto de esta sección es establecer una referencia común para evaluar el comportamiento de los equipos cuando se les somete a perturbaciones de alta energía en las líneas de potencia y de interconexión.

Esta norma define:

- rango de niveles de ensayo;
- equipos de ensayo;
- montaje de ensayo;
- procedimiento de ensayo.

La misión de los ensayos de laboratorio descritos es averiguar la reacción del ESE, sometido a condiciones de trabajo especificadas, causada por sobretensiones de maniobra y atmosféricas en ciertos niveles peligrosos.

El ensayo no está destinado a evaluar la capacidad del aislamiento de soportar tensiones elevadas. El impacto directo de rayos no se considera en esta norma.

Esta norma no está destinada a especificar los ensayos a aplicar sobre aparatos o sistemas particulares. Su objetivo principal es ser una referencia básica general para todos los Comités de productos de CEI involucrados. Los Comités de productos (o los usuarios y fabricantes de equipos) continúan siendo responsables de la elección apropiada de los ensayos y del nivel de severidad a aplicar a sus equipos.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta Norma Internacional. En el momento de la publicación las ediciones indicadas estaban en vigor. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta Norma Internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Los miembros de CEI e ISO poseen el registro de Normas Internacionales en vigor en cada momento.

CEI 50 (161):1990 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) - Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

CEI 60-1:1989 – *Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones y prescripciones generales relativas a los ensayos.*

CEI 469-1:1987 – *Técnicas de impulsos y aparatos. Parte 1: Términos y definiciones relativos a los impulsos.*

3 GENERALIDADES

3.1 Transitorios de maniobra

Los transitorios de maniobra pueden clasificarse en transitorios asociados con:

- a) perturbaciones asociadas a la maniobra de sistemas de gran potencia, tales como las debidas a la maniobra de baterías de condensadores;
- b) actividades de maniobra de menor importancia practicadas en las proximidades de la instrumentación o las debidas a cambios de carga en la red de distribución;
- c) circuitos resonantes asociados con dispositivos de conmutación, tales como los tiristores;
- d) diferentes faltas de la red, tales como cortocircuitos y los cebados de arco hacia los dispositivos de puesta a tierra de la instalación.

3.2 Transitorios debidos a rayos

Los mecanismos principales por los cuales los rayos producen sobretensiones son los siguientes:

- a) Un impacto directo de un rayo sobre una línea al aire libre inyecta corrientes elevadas que se transforman en tensión bien por su paso a través de la resistencia de puesta a tierra o bien por su paso a través de la impedancia presentada por la línea.
- b) Un impacto indirecto de un rayo (por ejemplo un descarga atmosférica entre o dentro de nubes o sobre objetos cercanos), lo cual produce campos electromagnéticos que inducen tensiones o corrientes en los conductores exteriores y/o interiores del edificio.
- c) Circulación de corrientes por tierra debidas a una descarga atmosférica próxima directamente a tierra, la cual se acopla a través del sistema de puesta a tierra de la instalación.

El rápido cambio de tensión y el flujo de corriente que pueden ocurrir cuando se excita una protección son susceptibles de influir sobre las líneas interiores.

3.3 Simulación de transitorios

- a) las características del generador de ensayo deben ser tales que simule los fenómenos arriba mencionados tan fielmente como sea posible;
- b) si la fuente de perturbación se encuentra en el mismo circuito, por ejemplo en la red de alimentación (acoplamiento directo), el generador puede simular un fuente de baja impedancia en las puertas del equipo sometido a ensayo;
- c) si la fuente de perturbación no está en el mismo circuito (acoplamiento indirecto), como sucede en las puertas de los equipos víctima, entonces el generador puede simular una fuente de impedancia más elevada.

4 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta sección de la Norma CEI 1000-4, se aplican las siguientes definiciones junto con las de la Norma CEI 50(161) excepto en caso de especificación en contra.

4.1 líneas equilibradas: Un par de conductores controlados simétricamente con una pérdida en la conversión de modo diferencial a modo común menor de 20 dB.

4.2 red de acoplamiento: Circuito eléctrico con el propósito de transferir energía de un circuito a otro.

4.3 red de desacoplamiento: Circuito eléctrico con el propósito de prevenir que las ondas de choque aplicadas al ESE afecten a otros dispositivos, equipos o sistemas que no estén sometido a ensayo.

4.4 duración: El valor absoluto del intervalo durante el cual una forma de onda específica existe o se mantiene. (CEI 469-1).

4.5 ESE: Equipo sometido a ensayo.

4.6 duración del frente

onda de choque de tensión (tensión de choque): La duración del frente T_1 de una onda de choque de tensión es un parámetro convencional definido como 1,67 veces el intervalo T entre los instantes a los cuales el impulso se encuentra entre el 30% y el 90% de su valor de cresta (véase figura 2).

onda de choque de corriente (corriente de choque): La duración del frente T_1 de una onda de choque de tensión es un parámetro convencional definido como 1,25 veces el intervalo T entre los instantes en los cuales el impulso se encuentra entre el 10% y el 90% de su valor de cresta (véase figura 3). (CEI 60-1 modificada)

4.7 inmunidad: Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema para funcionar sin degradación ante la presencia de una perturbación electromagnética. (VEI 161-01-20)

4.8 instalación eléctrica: Un conjunto de equipos eléctricos asociados para cumplir con un propósito o propósitos específicos teniendo todos ellos características coordinadas. (VEI 826-01-01)

4.9 líneas de interconexión: Están constituidas por:

- líneas de E/S (Líneas de entrada/salida);
- líneas de comunicación;
- líneas equilibradas.

4.10 protección primaria: El medio por el cual se previene la propagación de la mayor parte de la energía de la perturbación más allá de una interconexión determinada.

4.11 tiempo de subida: El intervalo de tiempo entre los momentos en los que el valor instantáneo del impulso alcanza por primera vez un valor inferior determinado y después un valor superior determinado.

NOTA – A menos que se indique lo contrario, dichos límites inferior y superior serán, respectivamente, de un 10% y de un 90% de la magnitud del impulso. [VEI 161-02-05]

4.12 protección secundaria: El medio por el cual la energía residual que ha atravesado la protección primaria es eliminada. Puede ser un dispositivo especial o una característica inherente al ESE.

4.13 onda de choque: Una onda transitoria de corriente, tensión, o potencia que se propaga a lo largo de una línea o un circuito, la cual se caracteriza por un rápido incremento seguido de un decrecimiento más lento. (VEI 161-08-11 modificada)

4.14 sistema: Conjunto de elementos interdependientes constituido para alcanzar un objetivo dado mediante el desarrollo de una función específica.

NOTA – El sistema se considera separado del entorno y de otros sistemas externos mediante una superficie imaginaria la cual corta las uniones entre ellos y el sistema considerado. A través de dichas uniones, el sistema es afectado por el entorno, actúan sobre el los sistemas externos, o actúa por sí mismo sobre el entorno o los sistemas externos. (VEI 351-01-01)

4.15 tiempo transcurrido hasta el valor mitad T_2 : El tiempo hasta el valor mitad T_2 de una onda de choque es un parámetro convencional definido como el intervalo de tiempo entre el origen virtual O_1 y el instante en el cual la tensión o la corriente ha decrecido hasta la mitad del valor de cresta. (CEI 60-1 modificado)

4.16 transitorio: Se dice de un fenómeno o una magnitud que varía entre dos regímenes estables consecutivos durante un intervalo de tiempo relativamente corto con respecto a la escala de tiempos considerada. (VEI 161-02-01)

5 NIVELES DE ENSAYO

El rango preferente de niveles de ensayo se da en la tabla 1.

Tabla 1
Niveles de ensayo

Nivel	Tensión de ensayo a circuito abierto ± 10% kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
x	Especial

NOTA – x es una clase abierta. Este nivel puede especificarse en las especificaciones del producto.

Los niveles de ensayo se seleccionarán de acuerdo a las condiciones de la instalación; las clases de instalación se dan en B.3 del anexo B.

Deben satisfacerse todas las tensiones de los niveles de ensayo inferiores (véase 8.2).

Para la selección de los niveles de ensayo para las diferentes interconexiones, véase anexo A.

6 INSTRUMENTACIÓN DE ENSAYO

6.1 Generador (híbrido) de ondas combinadas (1,2 /50 μ s - 8/20 μ s)

El esquema simplificado del circuito se da en la figura 1. Los valores para los distintos componentes R_{s1} , R_{s2} , R_m , L_r y C_c se eligen de modo que el generador inyecte una onda de choque de tensión 1,2/50 μ s (en condiciones de circuito abierto) y una onda de choque de corriente 8/20 μ s en cortocircuito; el generador tiene una impedancia efectiva de salida de 2 Ω .

Por comodidad, se define la impedancia de salida para un generador de ondas de choque como el cociente entre la tensión de cresta a la salida en circuito abierto y la corriente de cresta de cortocircuito.

Este generador con una forma de onda de tensión 1,2/50 a circuito abierto y con una forma de onda de corriente 8/20 en cortocircuito se denomina generador de ondas combinadas (CWG)* o generador híbrido.

NOTAS

- 1 Las formas de onda de la tensión y de la corriente son función de la impedancia de entrada del ESE. Esta impedancia puede variar en el momento de aplicar las ondas de choque al equipo siendo debida esta variación bien al funcionamiento apropiado de los dispositivos de protección instalados bien al cebado del arco eléctrico o a la rotura de algún componente si los dispositivos de protección no existen o no funcionan. Por lo tanto las ondas de tensión 1,2/50 μ s como la de corriente 8/20 μ s deben ser proporcionadas por la misma salida del generador tan rápidamente como sean requeridas por la carga.
- 2 El generador de ondas combinadas descrito en esta norma es idéntico al generador híbrido descrito en otras normas.

6.1.1 Características y funciones del generador de ondas combinadas

Tensión de salida a circuito abierto:

Variable	desde 0,5 kV o menos, hasta 4,0 kV o más
Forma de onda de la onda de choque de tensión	véanse figura 2 y tabla 2
Tolerancia de la tensión de salida a circuito abierto	$\pm 10\%$

Corriente de salida en cortocircuito:

Variable	desde 0,25 kA o menos, hasta 2,0 kA o más
Forma de onda de la onda de choque de corriente	véanse figura 3 y tabla 2
Tolerancia de la corriente de salida en cortocircuito	$\pm 10\%$
Polaridad	positiva/negativa
Desfase	entre 0° y 360° respecto al ángulo de fase de la línea de corriente alterna
Frecuencia de repetición	al menos 1 por minuto

* CWG, del inglés: Combination Wave Generator.

Se empleará un generador con salida flotante.

Se incluirán resistencias adicionales (10Ω ó 40Ω) para aumentar la impedancia efectiva de la fuente en función de las condiciones específicas del ensayo (véanse capítulo 7 y B.1 del anexo B).

Bajo estas circunstancias, la forma de onda de tensión a circuito abierto y la forma de onda de corriente en cortocircuito en combinación con la red de acoplamiento/desacoplamiento no serán mayores, respectivamente, de $1,2/50 \mu s$ y $8/20 \mu s$, (onda combinada).

6.1.2 Verificación de las características del generador. Con el fin de comparar los resultados de ensayos realizados con distintos generadores de ensayo, deberá verificarse dicho generador. Para este propósito, es necesario el siguiente procedimiento para medir las características fundamentales del generador.

La salida del generador de ensayo se conectará a un sistema de medida con un ancho de banda y una capacidad para soportar tensión suficientes, para monitorizar las características de las formas de onda.

Las características del generador se medirán en condiciones de circuito abierto (carga mayor o igual a $10 k\Omega$) y bajo condiciones de cortocircuito (carga menor o igual a $0,1 \Omega$) para la misma tensión de carga.

NOTA – Corriente de cortocircuito: Mínimo $0,25 kA$ con la tensión de circuito abierto fijada en $0,5 kV$ y como mínimo $2,0 kA$ con la tensión de circuito abierto fijada en $4,0 kV$.

6.2 Generador de ensayo $10/700 \mu s$ de acuerdo con CCITT

El esquema simplificado del circuito del generador se da en la figura 4. Los valores de los diferentes componentes R_c , C_c , R_s , R_{m1} , C_s y R_{m2} se definen para que el generador proporcione una onda de choque de $10/700 \mu s$.

6.2.1 Características y funciones del generador

Tensión de salida a circuito abierto:

Variable	desde $0,5 kV$ o menos, hasta $4,0 kV$ o más
Forma de onda de la onda de choque de tensión	véase figura 5 (CEI 60-1) y tabla 3
Tolerancia de la tensión de salida a circuito abierto	$\pm 10\%$

Corriente de salida en cortocircuito:

Variable	desde $12,5 A$ o menos, hasta $100 A$ o más
Forma de onda de la onda de choque de corriente	véase tabla 3
Tolerancia de la corriente de salida en cortocircuito	$\pm 10\%$

Polaridad positiva/negativa

Frecuencia de repetición al menos 1 por minuto

Se utilizará un generador con salida flotante.

6.2.2 Verificación de las características del generador. La verificación de las condiciones para el generador $10/700 \mu s$ son idénticas a las indicadas en 6.1.2 con la adición de la siguiente nota.

NOTA – Corriente de cortocircuito: mínimo $12,5 A$ con la tensión de circuito abierto fijada en $0,5 kV$ y como mínimo $100 A$ con la tensión de circuito abierto fijada en $4,0 kV$.

6.3 Redes de acoplamiento/desacoplamiento

Las redes de acoplamiento/desacoplamiento no tendrán influencia significativa en los parámetros de los generadores, por ejemplo tensión a circuito abierto, corriente de cortocircuito que deben cumplir con las tolerancias especificadas.

Excepción: Acoplamiento por descargadores.

NOTA – Para las inductancias, la utilización de un material con pérdidas reduce el fenómeno de la oscilación.

Cada red de acoplamiento/desacoplamiento deberá satisfacer los siguientes requisitos:

6.3.1 Redes de acoplamiento/desacoplamiento para circuitos de alimentación en c.a./c.c. (utilizados únicamente con un generador de ondas combinadas). La duración del frente de onda y el tiempo transcurrido hasta el valor mitad se verificarán para tensiones en condiciones de circuito abierto y para corrientes en condiciones de cortocircuito.

La salida del generador de ensayo o de su red de acoplamiento deberá conectarse a un sistema de medida con un ancho de banda y una capacidad para soportar tensión suficientes, para monitorizar la forma de onda de la tensión a circuito abierto.

La forma de onda de la corriente de cortocircuito puede medirse con un transformador de intensidad a través de cuya apertura pasa un lazo que forma un cortocircuito entre los bornes de salida de la red de acoplamiento.

Todas las definiciones de formas de onda, así como otros parámetros de funcionamiento del generador de ensayo deben ser tal y como se especifica en 6.1.1 para la salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento así como para la salida del generador propiamente dicho.

NOTA – La duración del impulso de ensayo a la salida de la red de acoplamiento podría cambiar significativamente cuando la impedancia del generador aumenta desde 2Ω hasta por ejemplo 12Ω ó 42Ω , para cumplir las prescripciones del montaje de ensayo.

6.3.1.1 Acoplamiento capacitivo para circuitos de alimentación. El acoplamiento capacitivo permite aplicar la tensión de ensayo entre líneas o entre una línea y tierra mientras que la red de desacoplamiento para la alimentación del ESE está también conectada. Los esquemas del circuito para sistemas monofásicos se muestran en las figuras 6 y 7 y para sistemas trifásicos se muestran en las figuras 8 y 9.

Características asignadas de la red de acoplamiento/desacoplamiento:

Acoplamiento:

Condensadores de acoplamiento; $C = 9 \mu\text{F}$ ó $C = 18 \mu\text{F}$ (véase montaje del ensayo).

Desacoplamiento:

Inductancia de desacoplamiento para la alimentación: $L = 1,5 \text{ mH}$.

El residuo de la onda de choque de tensión sobre las líneas que no son sometidas directamente al ensayo no debe exceder del 15% de la tensión de ensayo máxima cuando el ESE está desconectado.

El residuo de la onda de choque de tensión en los entradas de alimentación de la red de desacoplamiento cuando el ESE y la red de alimentación están desconectados, no sobrepasará el 15% de la tensión de ensayo aplicada o dos veces el valor de cresta de la tensión de línea, según cual sea mayor.

Las características arriba mencionadas para sistemas monofásicos (fase, neutro, tierra de protección) son también válidas para sistemas trifásicos (tres hilos de fase, neutro y tierra de protección).

6.3.1.2 Acoplamiento inductivo para la alimentación. Está en estudio

6.3.2 Redes de acoplamiento/desacoplamiento para líneas de interconexión. La elección del método de acoplamiento se hará en función de los circuitos y de las condiciones de funcionamiento. Esto será especificado en las especificaciones de producto.

Ejemplos de métodos de acoplamiento son los siguientes:

- acoplamiento capacitivo;
- acoplamiento por descargadores.

Los diferentes montajes indicados en los siguientes apartados para ensayar una puerta dada del ESE pueden no dar resultados comparables. El montaje más apropiado tiene que ser seleccionado a partir de la especificación o la norma de producto.

NOTA – R_L en las figuras 10 a 12 representa la componente resistiva de la inductancia L y su valor depende de que pueda no tenerse en cuenta la atenuación de la señal transmitida.

6.3.2.1 Acoplamiento capacitivo para líneas de interconexión. El acoplamiento capacitivo es el método preferido para circuitos de E/S no apantallados y asimétricos, cuando no hay influencia sobre la funcionalidad de la comunicación a través de dicha línea. La utilización se hace de acuerdo con la figura 10 para acoplamientos entre líneas y para acoplamientos entre línea y tierra.

Las características asignadas de la red de acoplamiento/desacoplamiento capacitiva son:

Condensador de acoplamiento C : 0,5 μ F.

Inductancia de desacoplamiento (sin compensación de corriente) L : 20 mH.

NOTA – La corriente nominal de señal admisible tiene que ser considerada, y depende del circuito sometido a ensayo.

6.3.2.2 Acoplamiento por descargadores. El acoplamiento por descargadores es el método preferido de acoplamiento para circuitos equilibrados no apantallados (telecomunicación), tal y como se muestra en la figura 12.

El método puede también emplearse en casos en los que el acoplamiento capacitivo no es posible a causa de problemas funcionales debidos a la unión de condensadores al ESE (véase figura 11).

La red de acoplamiento tiene también la misión de adaptar la distribución de la corriente de choque en el caso de tensiones inducidas sobre cables multiconductores.

Por lo tanto las resistencias R_{m2} en la red de acoplamiento serán, para los n conductores asociados, $n \times 25 \Omega$ (para n igual o mayor que 2).

EJEMPLO: $n = 4$, $R_{m2} = 4 \times 25 \Omega$. En unión con la impedancia del generador el valor total es aproximadamente 40 Ω . R_{m2} no sobrepasará los 250 Ω .

El acoplamiento por descargadores rellenos de gas puede mejorarse con condensadores en paralelo con los descargadores.

EJEMPLO: $C \leq 0,1 \mu$ F para la transmisión de un señal por la línea de frecuencia inferior a 5 kHz. Para frecuencias mayores no se emplean condensadores.

Características asignadas para la red de acoplamiento/desacoplamiento:

- resistencia de acoplamiento R_{m2} $n \times 25 \Omega$ (para n igual o mayor que 2);

- descargadores (relleno de gas) 90 V;
- inductancia de desacoplamiento L 20 mH.
(Sobre núcleo tórico, compensada en corriente).

NOTAS

- 1 En algunos casos, se emplean descargadores con mayores tensiones de activación por razones funcionales.
- 2 Otros elementos distintos a los descargadores pueden emplearse cuando las condiciones de funcionamiento no sean indebidamente influenciadas.

6.3.3 Otros métodos de acoplamiento. Están bajo estudio otros métodos de acoplamiento.

7 MONTAJE DE ENSAYO

7.1 Equipo de ensayo

Los siguientes equipos forman parte del montaje de ensayo:

- equipo sometido a ensayo (ESE);
- equipamiento auxiliar (EA);
- cables (de tipo y de longitud especificada);
- dispositivo de acoplamiento (condensadores o descargadores);
- generador de ensayo (generador de ondas combinadas, generador 10/700 μ s);
- red de desacoplamiento/dispositivos de protección;
- resistencias adicionales, 10 Ω y 40 Ω (véase B.1 del anexo B).

7.2 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre la alimentación del ESE

La onda de choque ha de aplicarse a los bornes de alimentación del ESE mediante una red de acoplamiento capacitivo (véanse figuras 6, 7, 8 y 9). Se requieren redes de desacoplamiento con el fin de evitar posibles efectos adversos sobre los equipos que no están sometido a ensayo que puedan estar alimentados por las mismas líneas y para proporcionar una impedancia desacopladora suficiente a la onda de choque, con el fin de que esta pueda propagarse sobre las líneas sometidas a ensayo.

A menos que se especifique lo contrario el cable de alimentación del ESE y de la red de acoplamiento/desacoplamiento deberá tener una longitud menor o igual a 2 m.

Para simular la impedancia típica de acoplamiento, pueden emplearse en ocasiones resistencias específicas para llevar a cabo el ensayo (para explicaciones, véase B.1 del anexo B).

NOTA – En algunos países (por ejemplo E.E.U.U.) las normas para líneas de corriente alterna requieren que aquellos ensayos realizados de acuerdo a las figuras 7 y 9 se lleven a cabo con una impedancia de 2 Ω aunque este sea un ensayo de mayor severidad. El requisito general es 10 Ω .

7.3 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas

En general, la onda de choque se aplica a las líneas de acuerdo con la figura 10 por un acoplamiento capacitivo. La red de acoplamiento/desacoplamiento no deberá influir sobre las condiciones especificadas de funcionamiento de los equipos ensayados.

Un montaje alternativo de ensayo (por descargadores) se da en la figura 11 para circuitos con una mayor frecuencia de transferencia de la señal. La selección se hará dependiendo de la carga capacitiva y de la frecuencia de transmisión.

A menos que se especifique lo contrario, la línea de interconexión entre el ESE y la red de acoplamiento/desacoplamiento tendrá una longitud menor o igual a 2 metros.

7.4 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas de interconexión o de telecomunicación simétricas y no apantalladas (figura 12)

Para circuitos equilibrados de interconexión o telecomunicación (figura 12), no suele ser posible emplear el método de acoplamiento capacitivo. En este caso, el acoplamiento se realiza por descargadores de gas (recomendación CCITT K.17). Los niveles de ensayo por debajo del nivel de cebado del descargador (sobre los 300 V para descargadores de 90 V) no pueden especificarse (excepto en el caso de una protección secundaria sin descargadores de gas).

NOTA – Se consideran dos configuraciones de ensayo:

- el ensayo de inmunidad de un equipo con únicamente protección secundaria del ESE y a un nivel de ensayo bajo, por ejemplo 0,5 kV ó 1 kV;
- el ensayo de inmunidad de un sistema con protección primaria adicional del ESE y a un nivel de ensayo mayor, por ejemplo 2 kV ó 4 kV.

A menos que se especifique lo contrario, la línea de interconexión entre el ESE y la red de acoplamiento/desacoplamiento deberá tener una longitud menor o igual a 2 metros.

7.5 Montaje de ensayo para ensayos realizados sobre líneas apantalladas

En el caso de líneas apantalladas puede no ser utilizable una red de acoplamiento/desacoplamiento.

Así la onda de choque se aplica al blindaje (carcasa metálica) de los ESE y a las pantallas conectadas (a dicha carcasa) de las líneas de acuerdo a la figura 13. Para pantallas conectadas en un sólo extremo se utiliza la figura 14. Para desacoplar el conductor de tierra de protección se utiliza un transformador de aislamiento de seguridad. Normalmente, debería emplearse la máxima longitud del cable apantallado especificado. Con respecto al espectro de frecuencias de la onda de choque, deberá emplearse una longitud de 20 m del cable apantallado especificado en una configuración en haz que resulte no inductiva.

Reglas para la aplicación de la onda de choque sobre líneas apantalladas:

a) *Pantallas puestas a tierra en ambos extremos*

- La inyección de la onda de choque en la pantalla se realizará de acuerdo a la figura 13.

b) *Pantallas puestas a tierra en un solo extremo*

- El ensayo se realizará de acuerdo a la figura 14. El condensador C representa la capacidad a tierra del cable y su valor debe ser calculado sobre la base de 100 pF/m. A menos que se especifique lo contrario puede emplearse un valor de 10 nF.

El nivel de ensayo aplicado a la pantalla es el correspondiente al "valor entre línea y tierra" (impedancia de 2Ω).

7.6 Montaje de ensayo para la aplicación de diferencias de potencial

Si es necesario aplicar diferencias de potencial para simular tensiones que pueden producirse en el interior de un sistema, los ensayos se llevarán a cabo de acuerdo con la figura 13 para sistemas con líneas apantalladas, con las pantallas puestas a tierra en ambos extremos, y de acuerdo con la figura 14 para sistemas no apantallados o con líneas apantalladas puestas a tierra en un solo extremo.

7.7 Otros montajes de ensayo

Si por causas funcionales no puede emplearse uno de los métodos de acoplamiento, se utilizarán métodos alternativos (apropiados para el caso especial) los cuales deben especificarse en la correspondiente norma de producto.

7.8 Condiciones de ensayo

Las condiciones operacionales del ensayo, así como las condiciones de instalación estarán de acuerdo con la especificación de producto e incluirán:

- configuración del ensayo (físico) ("hardware");
- procedimiento de ensayo (lógico) ("software").

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 Condiciones de referencia en laboratorio

Con el fin de minimizar el impacto de parámetros ambientales en los resultados del ensayo, el mismo se llevará a cabo en condiciones climáticas y electromagnéticas de referencia tal y como se especifica en 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas. Las condiciones climáticas deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- temperatura ambiental 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa 10% al 75%;
- presión atmosférica 86 kPa a 106 kPa (860 mbar a 1 060 mbar).

NOTA – Cualquier otro valor puede especificarse en la especificación de producto. El ESE debería operar en las condiciones climáticas para las que ha sido diseñado. La temperatura y humedad relativa deberán registrarse en el informe del ensayo.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas. Las condiciones electromagnéticas del laboratorio no deben influir sobre los resultados del ensayo.

8.2 Aplicación de la onda de choque en laboratorio

Las características y funcionamiento del generador de ensayo deben estar de acuerdo con lo especificado en 6.1.1 y 6.2.1; la calibración de los generadores se realizará de acuerdo con 6.1.2 y 6.2.2.

El ensayo se realizará de acuerdo con un plan de ensayo que debe incluir un esquema del montaje del ensayo (véase también B.2 del anexo B) incluyendo.

- generador y otros equipos utilizados;
- nivel de ensayo (tensión/corriente) (véase anexo A);
- impedancia de la fuente del generador;
- polaridad de la onda de choque;
- mecanismo de disparo interno o externo del generador;
- número de ensayos: al menos 5 de polaridad positiva y 5 de polaridad negativa en los puntos seleccionados;
- frecuencia de repetición: máximo 1 por minuto.

NOTA – La mayoría de los dispositivos de protección de uso común tienen una capacidad baja de disipación de potencia media, aún cuando su capacidad de disipación en potencia de cresta o energía de cresta les permita trabajar con corrientes elevadas. Por lo tanto, la frecuencia máxima de repetición (tiempo entre dos ondas de choque y el tiempo de recuperación) depende de los dispositivos de protección integrados en el ESE.

- las entradas y salidas que van a ser sometidas a ensayo.

NOTA – En el caso de varios circuitos idénticos, basta con utilizar un número predeterminado de ellos para realizar medidas representativas.

- condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- secuencia de aplicación de las ondas de choque sobre los circuitos;
- ángulo de fase en el caso de alimentación de corriente alterna;
- condiciones actuales de instalación, por ejemplo:
 - c.a.: neutro a tierra,
 - c.c.: (+) ó (-) puesto a tierra para simular las condiciones reales de la puesta a tierra.

Información del modo de realizar los ensayos se da en B.2 del anexo B.

Salvo especificación contraria, las ondas de choque tienen que aplicarse sincronizadas con la fase de la tensión al pasar por cero y en el valor de cresta de la onda de tensión de corriente alterna (positiva y negativa).

Las ondas de choque tienen que aplicarse línea a línea y entre línea(s) y tierra. Para los ensayos efectuados entre líneas y tierra, la tensión de ensayo ha de aplicarse sucesivamente entre cada una de las líneas y tierra, a menos que haya una especificación contraria.

NOTA – Cuando se emplea el generador de ondas combinadas para ensayar dos o más líneas (líneas de telecomunicación) a tierra, la duración del impulso de ensayo puede disminuirse.

El procedimiento de ensayo deberá asimismo considerar las características no lineales de tensión-corriente del equipo sometido a ensayo. Por lo tanto la tensión de ensayo tiene que incrementarse en escalones hasta el nivel de ensayo especificado en la norma de producto o en el plan de ensayo.

Deben satisfacerse todos los niveles inferiores incluyendo el nivel de ensayo seleccionado. Para ensayar la protección secundaria, la tensión de salida del generador debe incrementarse hasta el nivel de tensión de ruptura más desfavorable (nivel de no funcionamiento) de la protección primaria.

Si no están disponibles las fuentes de señal en funcionamiento real podrán simularse. Bajo ninguna circunstancia podrá el nivel de ensayo exceder las especificaciones de producto. El ensayo se llevará a cabo de acuerdo al plan de ensayo.

Para encontrar todos los puntos críticos del ciclo de funcionamiento, se aplicará un número suficiente de impulsos de ensayo tanto positivos como negativos. Para un ensayo de recepción se empleará un equipo que no haya sido sometido a esfuerzos previos o se reemplazarán los dispositivos de protección.

9 RESULTADOS DEL ENSAYO E INFORME DEL ENSAYO

Este capítulo da una guía para la evaluación de los resultados y el informe de ensayo relativos a esta norma.

La variedad y diversidad de equipos y sistemas a ensayar hacen difícil la tarea de establecer los efectos de las ondas de choque en los equipos y sistemas.

Los resultados de ensayo se clasificarán en base a las condiciones de operación y especificaciones funcionales del ESE, como las siguientes, salvo que se den especificaciones diferentes por los comités de producto o especificaciones de producto:

- a) funcionamiento normal dentro de los límites especificados;
- b) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento autorecuperable;

- c) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que requiere la intervención del operador o la reiniciación del sistema;
- d) degradación o pérdida de función no recuperable debida a daños en el equipo (componentes), o programa ("software"), o la pérdida de datos.

El equipo no deberá volverse peligroso o inseguro como resultado de la aplicación de los ensayos definidos en ésta norma.

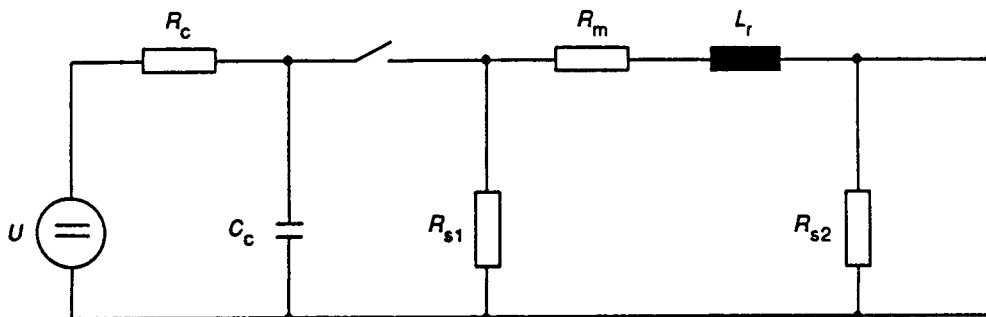
En caso de ensayos de aceptación, el plan de ensayos y la interpretación de los resultados del ensayo deberán describirse en la norma específica del producto.

Como regla general, el resultado del ensayo es positivo si el equipo muestra su inmunidad, durante todo el período de aplicación del ensayo, y al final del mismo el ESE cumple con los requisitos técnicos establecidos en su especificación técnica.

La especificación técnica puede definir efectos en el ESE que puedan considerarse insignificantes y por tanto aceptables.

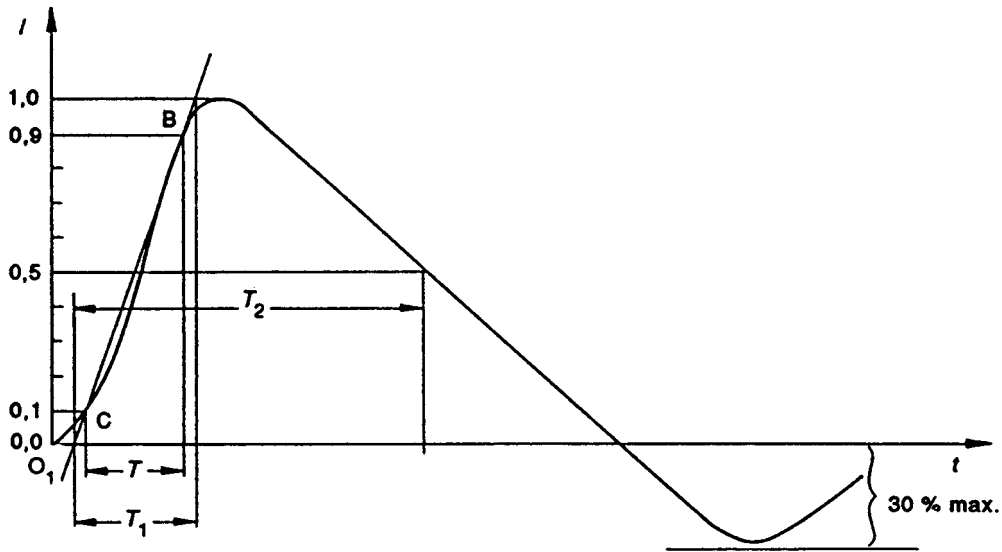
Para estas condiciones deberá verificarse que el equipo es capaz de recuperar sus capacidades operativas por sí mismo al final del ensayo; deberá por tanto anotarse el intervalo de tiempo durante el cual el equipo ha perdido sus capacidades funcionales. Estas verificaciones son obligatorias para la evaluación definitiva de los resultados del ensayo.

El informe de ensayo deberá incluir las condiciones y los resultados del ensayo.



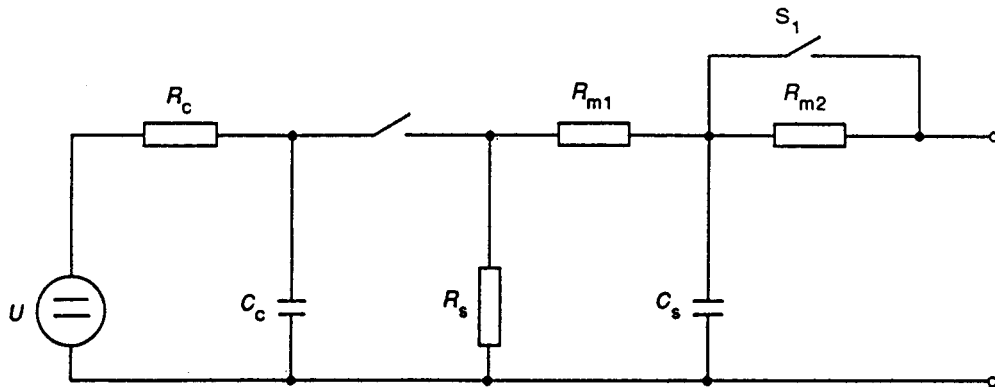
- U Fuente de alta tensión
- R_c Resistencia de carga
- C_c Condensador de almacenamiento de energía
- R_s Resistencia determinante de la duración del impulso
- R_m Resistencia de adaptación de impedancia
- L_r Inductancia determinante del tiempo de subida

Fig. 1 – Esquema simplificado del circuito del generador de ondas combinadas



Duración del frente $T_1 = 1,25 \times T = 8 \mu s \pm 20\%$
 Tiempo transcurrido hasta el valor mitad $T_2 = 20 \mu s \pm 20\%$

Fig. 3 – Forma de onda de la corriente de cortocircuito (8/20 μs)
 (definición de la forma de onda de acuerdo con CEI 60-1)



- U Fuente de alta tensión
- R_c Resistencia de carga
- C_c Condensador de almacenamiento de energía (20 μF)
- R_s Resistencia determinante de la duración del impulso (50 Ω)
- R_m Resistencias de adaptación de impedancia ($R_{m1} = 15 \Omega$; $R_{m2} = 25 \Omega$)
- C_s Condensador determinante del tiempo de subida (0,2 μF)
- S_1 Interruptor cerrado cuando se emplean resistencias de adaptación externas

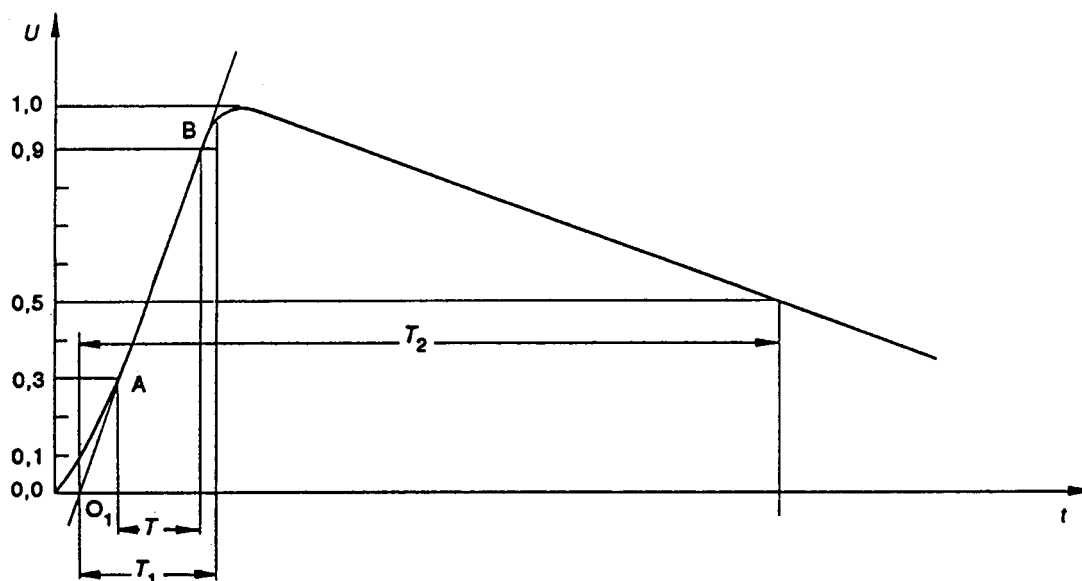
Fig. 4 – Esquema simplificado del circuito del generador de impulsos 10/700 μs
 (de acuerdo con CCITT, libro azul Vol. IX, figura 1/K.17)

Tabla 3
Definiciones de los parámetros de la forma de onda 10/700 μ s

Definiciones	De acuerdo con CEI 60-1		De acuerdo con CEI 469-1	
	Duración del frente μ s	Tiempo transcurrido hasta el valor mitad μ s	Tiempo de subida (10% - 90%) μ s	Duración (50% - 50%) μ s
Tensión a circuito abierto	10	700	6,5	700
Corriente de cortocircuito	—	—	4	300

NOTA – En publicaciones CEI y CCITT existentes, las forma de onda 10/700 μ s se define generalmente de acuerdo con la CEI 60-1 como se muestra en la figura 5. Otras recomendaciones CEI se basan en definiciones de la forma de onda de acuerdo con la CEI 469-1 como se muestra en la tabla 3.

Ambas definiciones se consideran válidas para esta sección de la CEI 1000-4 y se refieren a un único generador.



Duración del frente $T_1 = 1,67 \times T = 10 \mu s \pm 30\%$

Tiempo transcurrido hasta el valor mitad $T_2 = 700 \mu s \pm 20\%$

Fig. 5 – Forma de onda de la tensión a circuito abierto (10/700 μ s)
(definición de la forma de onda de acuerdo con CCITT)

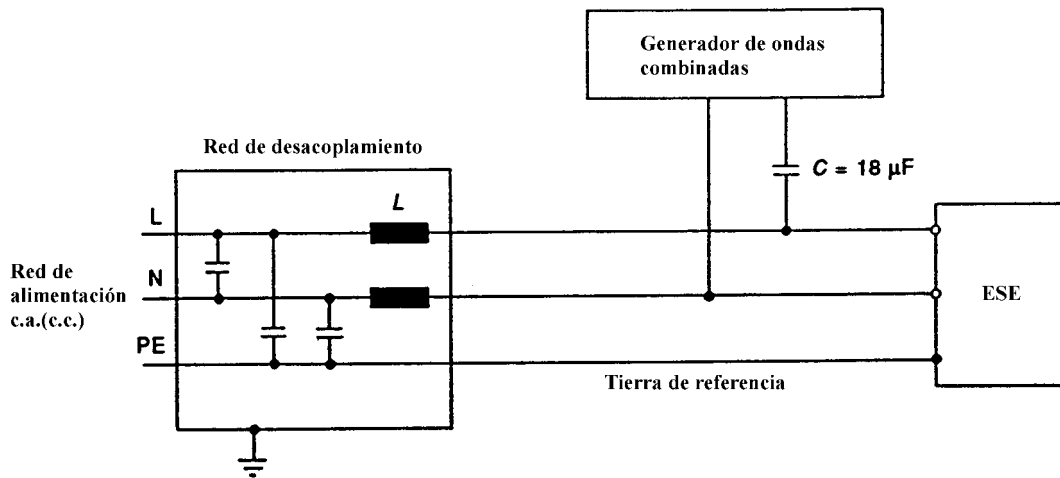


Fig. 6 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-línea (de acuerdo con 7.2)

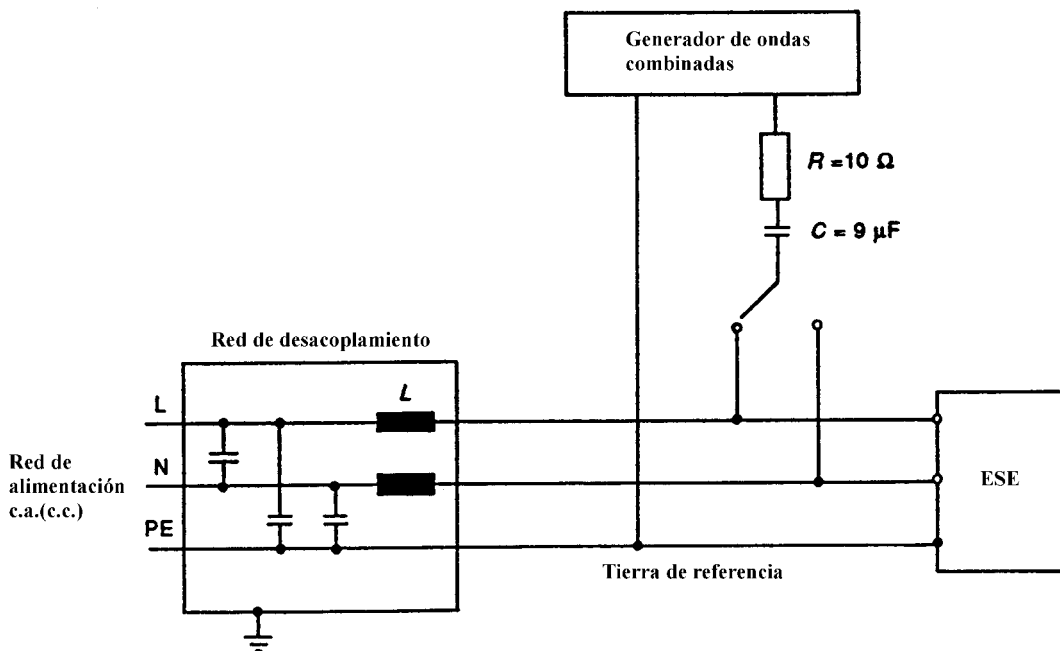


Fig. 7 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas de c.a./c.c.; acoplamiento línea-tierra (de acuerdo con 7.2)

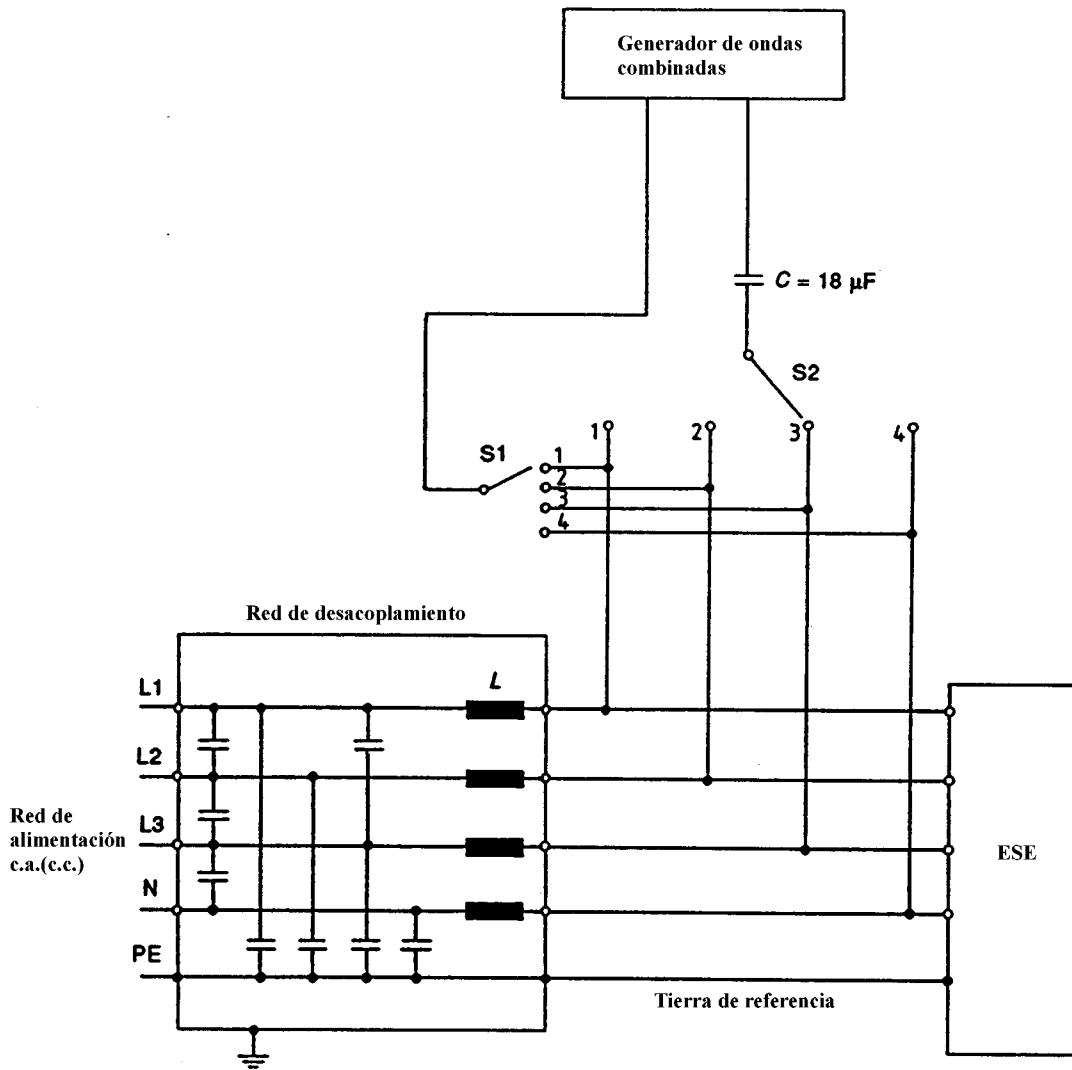
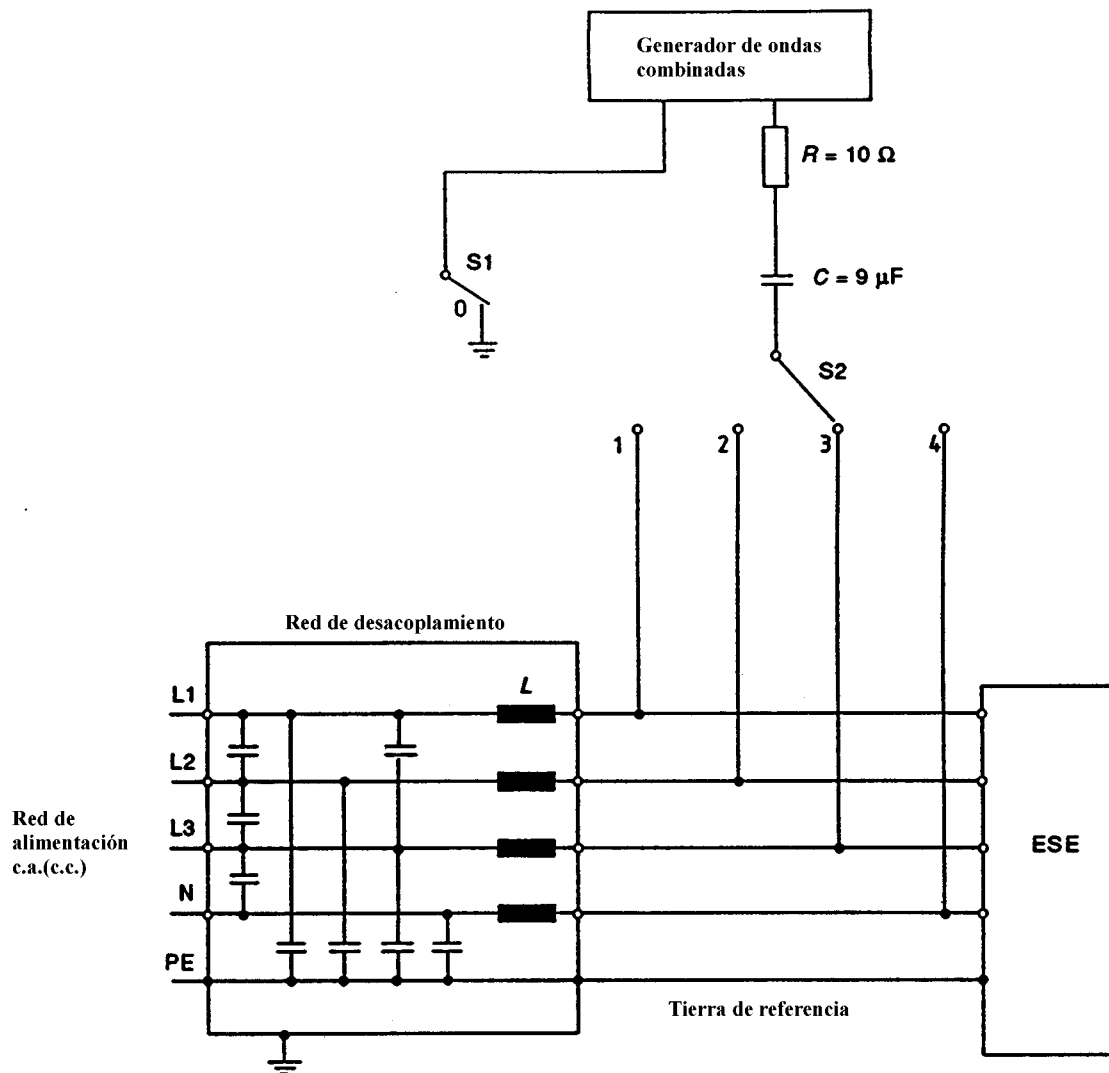
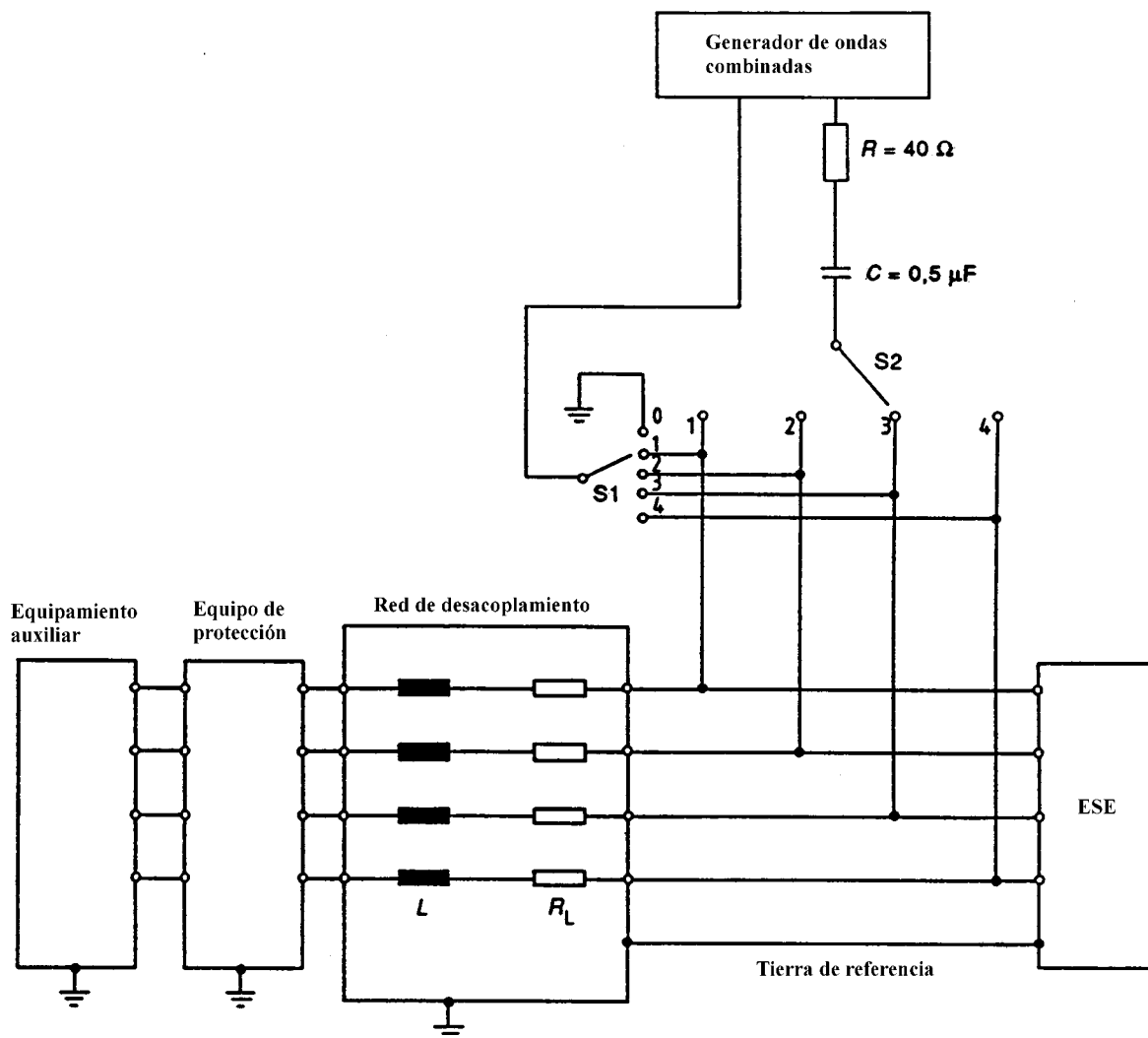


Fig. 8 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y la fase L1 (de acuerdo con 7.2)



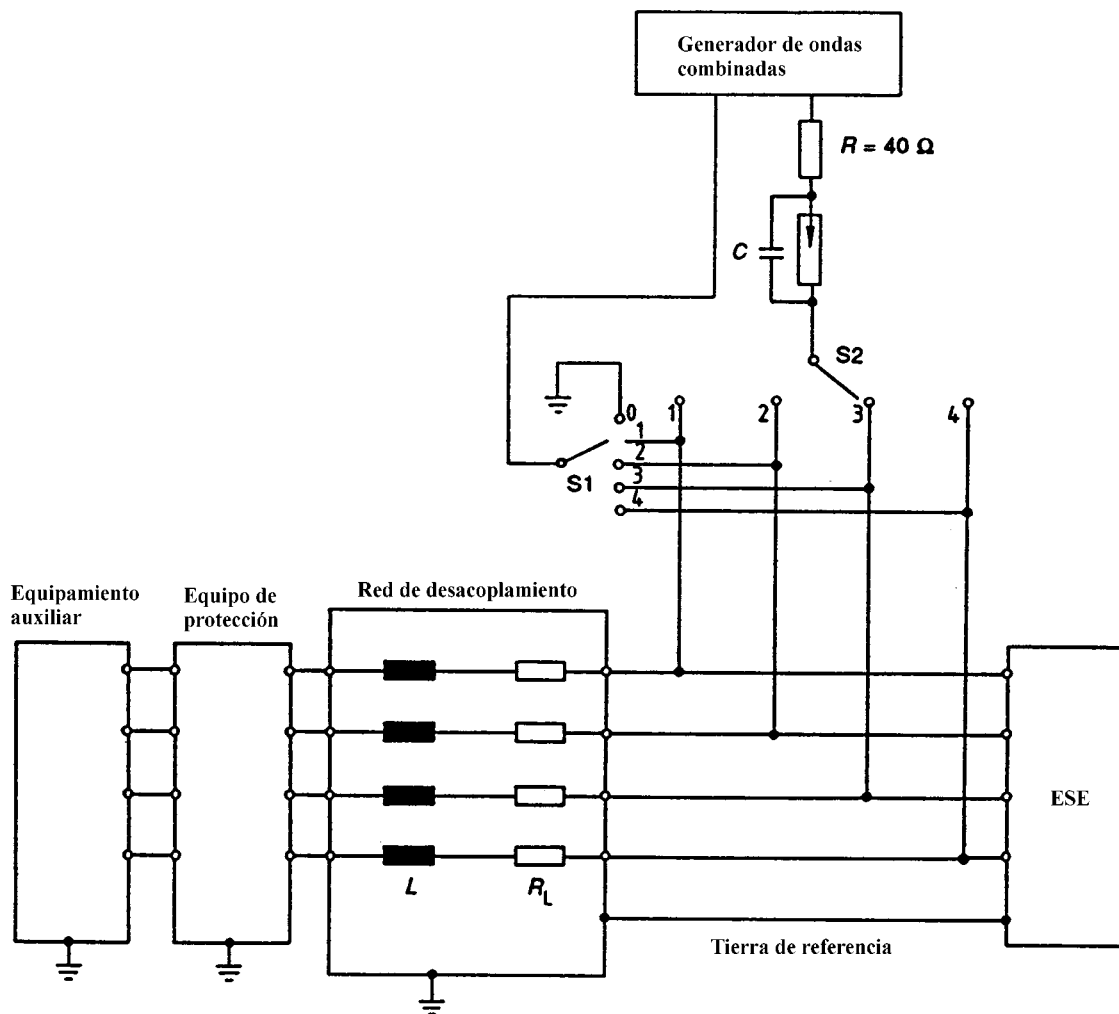
- 1) *Interruptor S1*
 - Entre línea y tierra; posición 0
- 2) *Interruptor S2*
 - Durante el ensayo, en una de las posiciones 1 a 4

Fig. 9 – Ejemplo del montaje de ensayo para el acoplamiento capacitivo sobre líneas (trifásicas) de corriente alterna; acoplamiento entre la fase L3 y tierra (de acuerdo con 7.2); salida del generador puesto a tierra



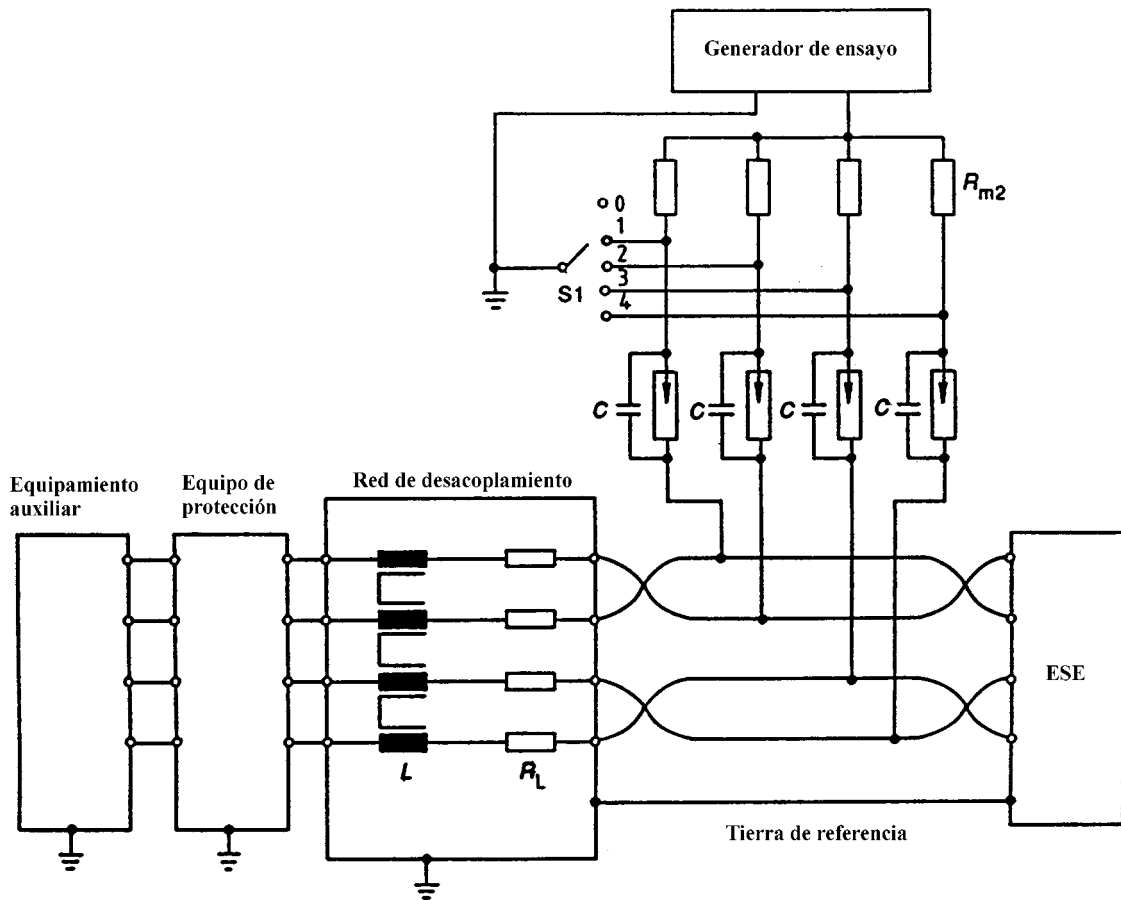
- 1) *Interruptor S1*
 - Entre línea y tierra; posición 0
 - Entre línea y línea; posiciones 1 a 4
- 2) *Interruptor S2*
 - Durante el ensayo, en una de las posiciones 1 a 4 pero no en la misma que el interruptor S1
- 3) $L = 20 \text{ mH}$, R_L representa la componente resistiva de la inductancia L

Fig. 10 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.3), acoplamiento por condensadores



- 1) *Interruptor S1*
 - Entre línea y tierra; posición 0
 - Entre línea y línea; posiciones 1 a 4
- 2) *Interruptor S2*
 - Durante el ensayo, en una de las posiciones 1 a 4 pero no en la misma que el interruptor S1
- 3) $L = 20 \text{ mH}$, R_L representa la componente resistiva de la inductancia L

Fig. 11 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión asimétricas y no apantalladas; acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.3), acoplamiento por descargadores



- a) *Interruptor S1*
- Entre línea y tierra posición 0
 - Entre línea y línea: posiciones 1 a 4 (una línea es puesta a tierra cada vez)
- b) *Cálculo de R_{m2} cuando se emplea un CWG (Generador de ondas combinadas) (1,2/50 μ s)*
- Ejemplo para $n = 4$;
- $$R_{m2} = 4 \times 40 \Omega = 160, \text{ máx. } 250 \Omega$$
- Cálculo de R_{m2} si se emplea un generador 10/700 μ s*
- La resistencia interna de adaptación R_{m2} (25 Ω) se sustituye por una externa $R_{m2} = n \times 25 \Omega$ por conductor (para n conductores con n igual o mayor que 2)
- Ejemplo para $n = 4$:
- $$R_{m2} = 4 \times 25 \Omega = 100 \Omega, R_{m2} \text{ no excederá de } 250 \Omega$$
- c) $C = 0,1 \mu F$ si la frecuencia de las señales transmitidas está por debajo de 5 kHz; para frecuencias superiores no se emplean condensadores
- d) $L = 20 \text{ mH}$, R_L : valor dependiente de que pueda no tenerse en cuenta la atenuación de la señal transmitida

Fig. 12 – Ejemplo del montaje de ensayo para líneas de interconexión simétricas y no apantalladas (líneas de telecomunicación); acoplamientos línea-línea o línea-tierra (de acuerdo con 7.4), acoplamiento por descargadores

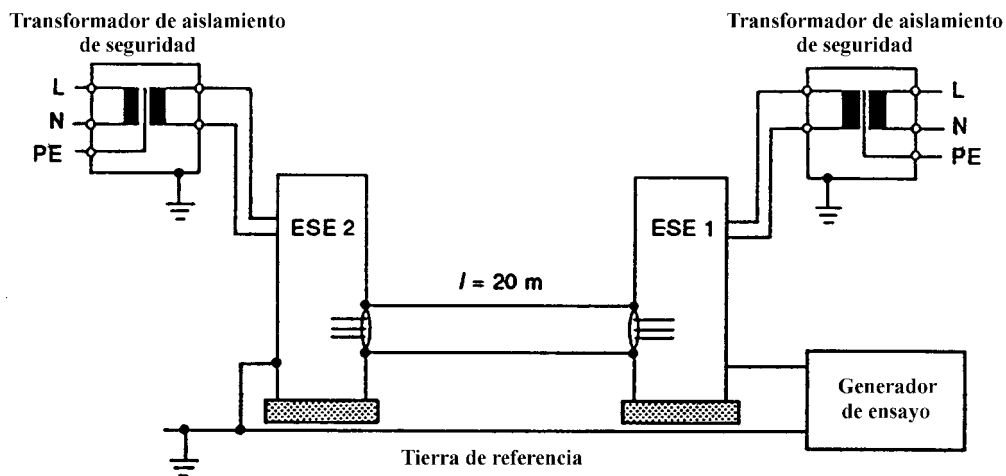


Fig. 13 – Ejemplo de montaje de ensayo para ensayos practicados sobre líneas apantalladas (de acuerdo con 7.5) y para aplicar diferencias de potencial (de acuerdo con 7.6), acoplamiento por conducción

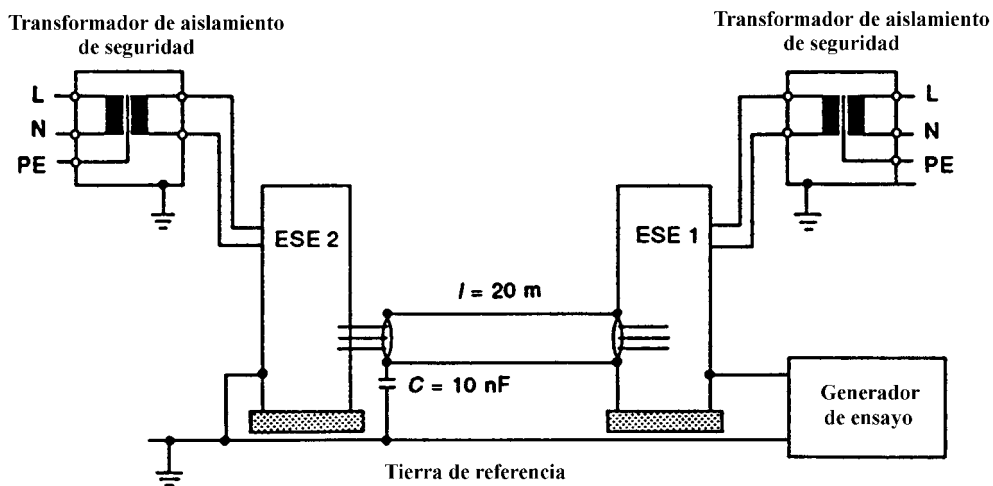


Fig. 14 – Ejemplo de montaje de ensayo para ensayos practicados sobre líneas no apantalladas y líneas apantalladas puestas a tierra sólo en un extremo (de acuerdo con 7.5) y para aplicar diferencias de potencial (de acuerdo con 7.6), acoplamiento por conducción

ANEXO A (Normativo)

SELECCIÓN DE GENERADORES Y DE LOS NIVELES DE ENSAYO

La selección de los niveles de ensayo se basará en las condiciones de instalación. Para este propósito se utilizará la tabla A.1, junto con información y ejemplos dados en B.3 del anexo B donde:

- Clase 0: Entorno eléctrico bien protegido, a menudo dentro de una habitación especial.
- Clase 1: Entorno eléctrico parcialmente protegido.
- Clase 2: Entorno eléctrico en el que los cables están bien separados, incluso en longitudes cortas.
- Clase 3: Entorno eléctrico donde los cables están dispuestos en paralelo.
- Clase 4: Entorno eléctrico en el que las interconexiones se hacen mediante cables exteriores, junto con los cables de energía, y en el que los cables se emplean tanto para circuitos eléctricos como electrónicos.
- Clase 5: Entorno eléctrico para equipos electrónicos conectados a cables de telecomunicación y líneas eléctricas aéreas de distribución en áreas no densamente pobladas.
- Clase x: Condiciones especiales especificadas en las especificaciones de producto.

Se da información adicional en las figuras B.1 a B.3 del anexo B.

Para determinar el nivel de inmunidad del sistema, deberán tomarse medidas adicionales correspondientes a las condiciones de instalación reales, por ejemplo la adición de una protección primaria.

Tabla A.1
Selección de los niveles de ensayo (dependiendo de las condiciones de la instalación)

Clase de instalación	Niveles de ensayo							
	Alimentación		Circuitos asimétricos, LDB		Circuitos/líneas simétricas		SDB, DB ¹⁾	
	Modo de acoplamiento entre		Modo de acoplamiento entre		Modo de acoplamiento entre		Modo de acoplamiento entre	
	Línea-Línea kV	Línea-Tierra kV	Línea-Línea kV	Línea-Tierra kV	Línea-Línea kV	Línea-Tierra kV	Línea-Línea kV	Línea-Tierra kV
0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1	NA	0,5	NA	0,5	NA	0,5	NA	NA
2	0,5	1,0	0,5	1,0	NA	1,0	NA	0,5
3	1,0	2,0	1,0	2,0 ³⁾	NA	2,0 ³⁾	NA	NA
4	2,0	4,0 ³⁾	2,0	4,0 ³⁾	NA	2,0 ³⁾	NA	NA
5	2)	2)	2,0	4,0 ³⁾	NA	4,0 ³⁾	NA	NA
x								

1) Distancia limitada, configuración especial, implantación particular, 10 m a 30 m como máximo; no es preciso ensayo en los cables de interconexión de hasta 10 metros, sólo la clase 2 es aplicable.

2) Depende de la clase de la red de alimentación local.

3) El ensayo generalmente se practica con protección primaria.

Explicación

DB = bus de datos

SDB = bus de corta distancia

LDB = bus de larga distancia

NA = no aplicable

Las ondas de choque (y los generadores de ensayo) para las diferentes clases son como sigue:

Clases 1 a 4: 1,2/50 μ s (8/20 μ s).

Clase 5: 1,2/50 μ s (8/20 μ s) para las puertas de líneas de alimentación y los circuitos/líneas de señal de corta distancia.

10/700 μ s para las puertas de líneas/circuitos de señal de larga distancia.

Las impedancias de fuente se indicarán en las figuras de los montajes de ensayo correspondientes.

ANEXO B (Informativo)

NOTAS EXPLICATIVAS

B.1 Diferentes impedancias de fuente

La selección de la impedancia de fuente del generador depende de:

- de la clase del cable/conductor/línea (alimentación en c.a., alimentación en c.c., interconexión, etc);
- de la longitud de los cables ó líneas;
- de las condiciones interiores ó exteriores;
- de la aplicación de la tensión de ensayo (entre líneas o entre línea y tierra).

La impedancia de 2Ω representa la impedancia de fuente de la red de alimentación de baja tensión y tierra. El generador se utiliza con una resistencia efectiva de salida de 10Ω en serie.

La impedancia de 42Ω ($40 \Omega + 2 \Omega$) representa la impedancia de fuente entre todas las demás líneas y tierra.

El generador se utiliza con una resistencia efectiva de salida de 40Ω en serie.

En algunos países, (E.E.U.U. por ejemplo), las normas para líneas de c.a. requieren que los ensayos realizados según las figuras 7 y 9 se efectúen con una impedancia de 2Ω ; lo que constituye un ensayo más severo. El requisito general es de 10Ω .

B.2 Aplicación de los ensayos

Se distinguen dos clases de ensayos diferentes; a nivel de equipo y a nivel de sistema.

B.2.1 Inmunidad a nivel de equipo

El ensayo se llevará a cabo en laboratorio sobre un único ESE. La inmunidad del ESE así ensayado se refiera a la inmunidad a nivel de equipo.

La tensión de ensayo no excederá la capacidad de aislamiento especificada para soportar la alta tensión.

B.2.2 Inmunidad a nivel de sistema

El ensayo efectuado en laboratorio se refiere el ESE. La inmunidad a nivel de sistema no asegura en todos los casos la inmunidad de un sistema. Por esta razón se recomienda realizar un ensayo, a nivel de sistema, que simule la instalación real. La instalación simulada incluye dispositivos de protección (descargadores, varistores, líneas apantalladas etc.) y el tipo y longitud real de las líneas de interconexión.

Este ensayo está destinado a simular del modo mejor posible las condiciones reales de instalación en las cuales el ESE o los ESE trabajarán más tarde.

En el caso de inmunidad bajo condiciones reales de instalación, pueden aplicarse niveles de tensión más elevados, si bien la energía puesta en juego estará limitada por los dispositivos de protección de acuerdo a sus características de limitación de corriente.

El ensayo está asimismo destinado a mostrar que los efectos secundarios producidos por los dispositivos de protección (cambio de la forma de onda, de modo, de la amplitud de las tensiones o corrientes) no causan efectos inadmisibles sobre el ESE.

B.3 Clasificación de la instalación

Clase 0 Entornos eléctricos bien protegidos, a menudo dentro de una habitación especial.

Todos los cables de entrada están provistos con protección de sobretensión (primaria y secundaria). Los elementos electrónicos están interconectados por medio de un sistema de puesta a tierra adecuado, el cual no se ve influido de manera significativa por la red de potencia o por rayos.

Los equipos electrónicos tienen su propia alimentación (véase tabla A.1).

La tensión de choque no puede sobrepasar los 25 V.

Clase 1 Entornos eléctricos parcialmente protegidos.

Todos los cables entrantes a la sala del equipo están provistos de protección de sobretensión primaria. Los elementos del equipo están interconectados por una red de puesta a tierra, la cual no se ve influida significativamente por la instalación de potencia o por rayos.

Los equipos electrónicos tienen su propia fuente de alimentación completamente separada del resto de equipos.

Las operaciones de maniobra pueden producir interferencias en el interior de la sala.

La tensión de la onda de choque no deberá sobrepasar los 500 V.

Clase 2 Entornos eléctricos donde los cables están bien separados, incluso los de poca longitud.

La instalación está puesta a tierra mediante una línea de tierra separada de la red de potencia la cual puede estar sometida a perturbaciones de tensión producidas por la propia instalación o por rayos. La alimentación de los equipos electrónicos está separada del resto de circuitos, principalmente mediante un transformador especial para la alimentación.

Existen circuitos no protegidos en la instalación, pero bien separados y en número restringido.

La tensión de choque no puede exceder de 1 kV.

Clase 3 Entornos eléctricos en los que los cables de potencia y de señal van en paralelo.

La instalación está puesta a tierra a través del sistema común de puesta a tierra de la instalación de potencia el cual puede estar sometido a tensiones perturbadoras generadas por la propia instalación o por rayos.

La corriente debida a faltas a tierra, operaciones de maniobra y rayos en la red de potencia, puede provocar tensiones perturbadoras de amplitud relativamente elevada en el sistema de puesta a tierra. Los equipos electrónicos protegidos y los equipos eléctricos menos sensibles están conectados a la misma red de alimentación. Los cables de interconexión pueden ser parcialmente cables exteriores, aunque cercanos a la red de puesta a tierra.

Existen cargas inductivas no antiparásitas en la instalación y habitualmente no hay separación entre los diferentes cables de campo.

La tensión de choque no puede exceder de los 2 kV.

Clase 4 Entornos eléctricos en los que las interconexiones transcurren como cables exteriores junto a los cables de potencia, y los cables se emplean tanto para equipos eléctricos como electrónicos.

La instalación está conectada al sistema de puesta a tierra de la instalación de potencia la cual puede estar sometida a tensiones perturbadoras causadas por la propia instalación o por rayos.

Las corrientes del orden de kA debidas a faltas a tierra, operaciones de maniobra y rayos en la red de alimentación pueden generar tensiones perturbadoras de amplitud relativamente elevada en el sistema de puesta a tierra. La red de alimentación puede ser a la vez común para los equipos eléctricos y los equipos electrónicos. Los cables de interconexión discurren como cables exteriores incluso para los equipos de alta tensión.

Un caso especial de este tipo de entorno se da cuando los equipos electrónicos están conectados a la red de telecomunicación en el interior de un área densamente poblada. No hay red de puesta a tierra propiamente dicha en el exterior de los equipos electrónicos, y la red de tierra la constituyen únicamente tuberías cables etc.

La tensión de choque no puede exceder de 4 kV.

Clase 5 Entornos eléctricos para equipos electrónicos conectados a cables de telecomunicación y líneas aéreas de potencia en áreas poco pobladas.

Todos los cables y líneas están provistos de protección de sobretensión primaria. Fuera de los equipos electrónicos no existe un sistema de puesta a tierra (instalación expuesta). Las tensiones perturbadoras debidas a faltas a tierra (corrientes de hasta 10 kA) y rayos (corrientes hasta 100 kA) pueden ser extremadamente elevadas.

Los requisitos para esta clase se cubren por el nivel de ensayo 4 (véase anexo A).

Clase x Condiciones especiales especificadas en las especificaciones de producto.

En las figuras B.1, B.2, y B.3 se dan ejemplos para la instalación de equipos electrónicos en las diferentes zonas.

B.3.1 Inmunidad a nivel de equipo para puertas conectadas a la red de alimentación

El mínimo nivel de inmunidad para conexiones a la red de alimentación es:

- Acoplamiento entre líneas 0,5 kV (véase montaje de ensayo en figuras 6 y 8).
- Acoplamiento línea - tierra 1 kV (véase montaje en figuras 7 y 9).

B.3.2 Inmunidad a nivel de equipo para puertas conectadas a líneas de interconexión

Los ensayos de ondas de choque en circuitos de interconexión únicamente se requieren para conexiones externas (exteriores al armarios o la cabina)

Si es posible ensayar a nivel de sistema (ESE con las líneas de interconexión conectadas) no es necesario ensayar a nivel de equipo (por ejemplo terminales de control de procesos/entradas y salidas de señal), especialmente en aquellos casos en los que el apantallamiento del cable de interconexión forma parte de los sistemas de protección. Si la instalación de la planta se lleva a cabo por alguien diferente a los fabricantes del equipamiento, la tensión admisible para las entradas y salidas (especialmente para el interfaz de procesamiento) deberá especificarse.

El fabricante debe ensayar su equipo basándose en los niveles de ensayo especificados para confirmar la inmunidad a nivel de equipo, por ejemplo nivel de 0,5 kV para los terminales de un ESE con protección secundaria. El usuario de la planta o los responsables de la instalación tomarían entonces las medidas necesarias (por ejemplo apantallamiento, puesta a masa, puesta a tierra) para asegurar que las tensiones perturbadoras debidas a, por ejemplo, impacto de rayos no exceden el nivel de inmunidad elegido.

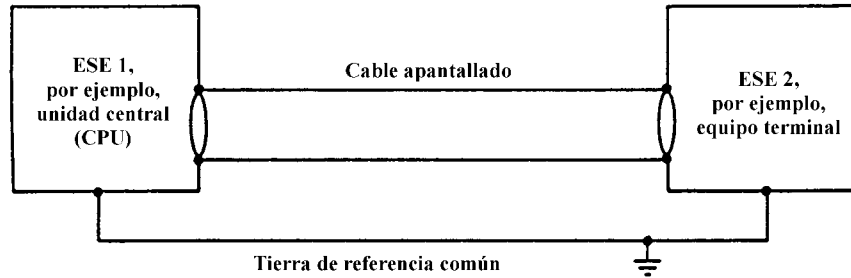


Fig. B.1 – Ejemplo de protección contra las ondas de choque por apantallamiento en edificios con sistema común de tierra de referencia

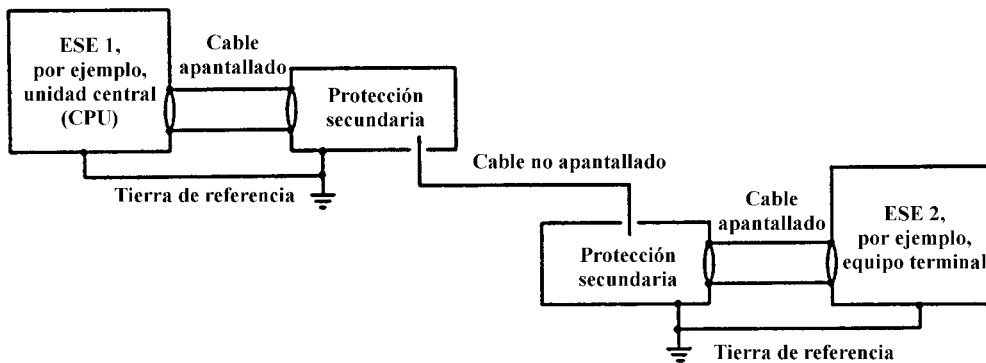


Fig. B.2 – Ejemplo de protección secundaria contra las ondas de choque en edificios con sistemas independientes de tierra de referencia

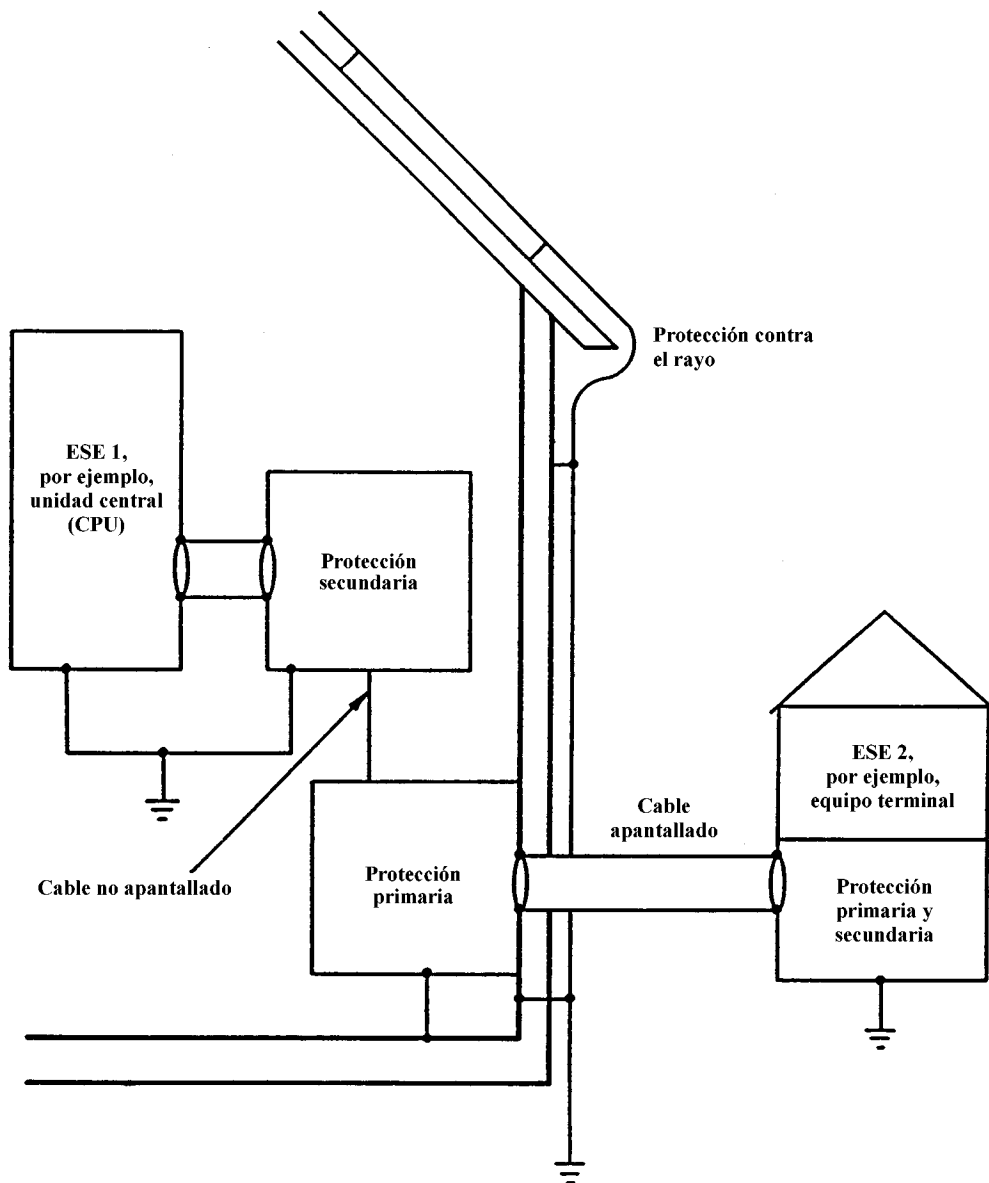


Fig. B.3 – Ejemplo de protección primaria y secundaria contra las ondas de choque de equipos exteriores e interiores interconectados

ANEXO C (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

CEI 50(351):1975 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) - Capítulo 351: Control automático.*

CEI 50(826):1982 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) - Capítulo 826: Instalaciones eléctricas en edificios.*

CEI 1024-1:1990 – *Protección de estructuras contra el rayo - Parte 1: Principios generales.*

CEI 1180-1:1992 – *Técnicas de ensayo en alta tensión para equipos de baja tensión - Parte 1: Definiciones, requisitos y modalidades de ensayo.*

Libro azul CCITT, Volumen IX: 1988, Recomendación K.17: *Ensayos a efectuar en repetidores alimentados automáticamente utilizando dispositivos de estado sólido para verificar la eficacia de los elementos de protección contra interferencias externas.*

ANEXO ZA (Normativo)

OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES

Esta Norma Europea incorpora disposiciones de otras normas por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Las revisiones o modificaciones posteriores de cualquiera de las normas citadas con fecha, sólo se aplican a esta Norma Europea cuando se incorporan mediante revisión o modificación. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de esa norma (incluyendo sus modificaciones).

NOTA – En el caso en que se modifica una publicación internacional como consecuencia de las modificaciones comunes del CENELEC, con la indicación (mod), debe tenerse en cuenta la EN/HD apropiada.

Norma CEI	Año	Título	EN/HD	Año	Norma UNE Correspondiente¹⁾
50-161	1990	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) - Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética			UNE 21302-161:1992
60-1	1989	Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones y prescripciones generales relativos a los ensayos (corrigendum marzo 1990 + marzo 1992)	HD 588.1 S1	1991	UNE 21308-1:1994
469-1	1987	Técnicas de impulsos y aparatos. Parte 1: Términos y definiciones relativas a los impulsos			

1) Esta columna se ha introducido en el anexo original de la Norma Europea únicamente con carácter informativo a nivel nacional.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono (91) 432 60 00

Fax (91) 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UNIVERSIDAD DE VIGO