

Mayo 1997

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 12: Ensayos de inmunidad a las ondas oscilatorias

Norma básica de CEM

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 12: Oscillatory waves immunity test. Basic EMC publication.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4: Techniques d'essai et de mesure. Section 12: Essai d'immunité aux ondes oscillatoires. Publication fondamentale en CEM.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-12 de julio 1995 que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 1000-4-12:1995.

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 17830:1997

©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
Telefax (91) 310 40 32

41 Páginas

Grupo 26

ICS: 29.020

Descriptor: Material eléctrico, material electrónico, compatibilidad electromagnética, perturbación radio-eléctrica, interferencia electromagnética, ensayo, onda, oscilación.

Versión en español

Compatibilidad electromagnética
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 12: Ensayos de inmunidad a las ondas oscilatorias
Norma básica de CEM
(CEI 1000-4-12:1995)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4: Testing and measurement
techniques. Section 12: Oscillatory waves
immunity test. Basic EMC publication.
(IEC 1000-4-12:1995)

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4: Techniques d'essai et de
mesure. Section 12: Essai d'immunité
aux ondes oscillatoires. Publication
fondamentale en CEM.
(CEI 1000-4-12:1995)

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4: Prüf- und
Meßverfahren. Hauptabschnitt 12:
Prüfung der Störfestigkeit gegen
gedämpfte Schwingungen. EMV-
Grundnorm. (IEC 1000-4-12:1995)

Esta Norma Europea ha sido aprobada por CENELEC el 1995-07-04. 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	6
DECLARACIÓN	6
INTRODUCCIÓN	7
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	8
2 NORMAS PARA CONSULTA	8
3 GENERALIDADES	9
4 DEFINICIONES	9
5 NIVELES DE ENSAYO	10
6 EQUIPO DE ENSAYO	11
6.1 Generadores de ensayos	11
6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo	12
6.3 Red de acoplamiento/desacoplamiento	13
7 INSTALACIÓN DE ENSAYO	14
7.1 Conexiones de puesta a tierra	14
7.2 Equipo sometido a ensayo (ESE)	15
7.3 Red de acoplamiento/desacoplamiento	15
7.4 Generadores de ensayo	16
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	16
8.1 Condiciones de referencia del laboratorio	16
8.2 Ejecución del ensayo	16
9 RESULTADOS DEL ENSAYO E INFORME DEL ENSAYO	20

	Página
FIGURAS	
1 Forma de onda de la onda sinusoidal amortiguada (tensión a circuito abierto y corriente de cortocircuito)	21
2 Ejemplo de un esquema de circuito de un generador de ensayo para onda sinusoidal amortiguada	21
3 Forma de onda de la onda oscilatoria amortiguada	22
4 Ejemplo de un esquema de circuito de un generador de ensayo para onda oscilatoria amortiguada	22
5 Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa utilizando un plano de referencia a tierra	23
6 Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo dispuesto sobre el suelo utilizando un plano de referencia a tierra	23
7 Ensayo en modo común de puertas de alimentación continua/alterna monofásica . . .	24
8 Ensayo en modo común de puertas de alimentación alterna trifásica	25
9 Ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un circuito único	26
10 Ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común	27
11 Ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación continua/alterna monofásica	28
12 Ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación alterna trifásica	29
13 Ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un circuito único . . .	30
14 Ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común	31
15 Disposición para el ensayo en modo diferencial con salida del generador de ensayo no flotante	32
16 Ensayo de un sistema con puertas de comunicación para señales de operación rápidas (salida del generador a tierra)	32
 ANEXOS	
A INFORMACIÓN DE LOS FENÓMENOS, SELECCIÓN DEL ENSAYO	33
B SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO	36
C IMPEDANCIA DE LOS GENERADORES DE ENSAYO	38
D BIBLIOGRAFÍA	40
ZA OTRAS NORMAS INTERNACIONALES CITADAS EN ESTA NORMA CON LAS REFERENCIAS DE LAS NORMAS EUROPEAS CORRESPONDIENTES .	41

ANTECEDENTES

El texto del documento 77B/141/DIS, futura edición 1 de la CEI 1000-4-12, preparada por el SC77B, *Fenómenos de alta frecuencia*, del TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de CEI, fue sometido al voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como EN 61000-4-12 el 1995-07-04.

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) 1996-04-01
- Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes (dow) 1996-04-01

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

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

En esta norma, el anexo ZA es normativo y los anexos A, B, C y D son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 1000-4-12:1995 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 de 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 "ondas oscilatorias".

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección de la Norma CEI 1000-4 trata de las exigencias en materia de inmunidad y de los métodos de ensayo de los equipos eléctricos y electrónicos, sometidos a condiciones de funcionamiento, contra las ondas oscilatorias. Estas ondas oscilatorias están representadas por:

- a) Oscilaciones transitorias amortiguadas no repetitivas (ondas sinusoidales amortiguadas) manifestándose en las alimentaciones de baja tensión así como sobre las líneas de control y señal alimentadas por redes públicas y no públicas.
- b) Ondas oscilatorias repetitivas amortiguadas produciéndose principalmente en los cables de energía, de control y de señal instalados en subestaciones de alta y media tensión (A.T. y M.T.).

NOTA – De acuerdo con las frecuencias consideradas en esta Norma, es sólo aplicable para aparataje aislada por el aire.

Esta norma básica tiene por objeto establecer los requisitos de inmunidad y de constituir una referencia común para la evaluar en laboratorio el funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos destinados a las aplicaciones de uso residencial, comercial e industrial, así como equipos destinados a subestaciones, si es aplicable.

El propósito de esta norma es definir:

- tensión de ensayo y formas de ondas de la corriente;
- rangos de los niveles de ensayo;
- equipos de ensayo;
- instalación de ensayo;
- procedimiento de ensayo.

Esta norma no trata de especificar los ensayos que deban aplicarse a aparatos y sistemas particulares. El objeto principal es dar una referencia básica de orden general a todos los Comités de productos de la CEI. Los Comités de productos (o los fabricantes y usuarios de equipos) serán responsables de elegir los ensayos apropiados y los niveles de severidad aplicables a sus equipos.

Con el fin de no impedir las tareas de coordinación y normalización, se recomienda fuertemente a los Comités de productos o a los fabricantes y usuarios considerar la adopción de los ensayos de inmunidad apropiados y específicos en esta norma (en futuros trabajos o de revisión de normas antiguas).

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 68-1:1988 – *Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.*

CEI 1010-1:1990 – *Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales.*

3 GENERALIDADES

Las ondas oscilatorias a las cuales está sometido el equipo pueden influir el buen funcionamiento de equipos y sistemas próximos.

Los principales parámetros de las ondas oscilatorias considerados aquí, son principalmente sus frecuencias de repetición: frecuencia de repetición baja (fenómeno aislado) o frecuencia de repetición alta (ráfagas). Los transitorios oscilatorios aislados son conocidos con el término "ondas sinusoidales amortiguadas (ring wave)" y las ráfagas de transitorios oscilatorios amortiguados por el término "onda oscilatoria amortiguada".

Las ondas oscilatorias amortiguadas aparecen en los bornes de los equipos como consecuencia de maniobras de los circuitos de alimentación o de control, así como consecuencia de rayos. Los parámetros más importantes son el carácter aislado y la forma de onda oscilatoria decreciente.

La onda oscilatoria amortiguada aparece en los bornes de un equipo como consecuencia de maniobras acompañadas de recebados de arco, fenómeno típico de las centrales eléctricas y subestaciones de alta y media tensión (A.T./M.T.), así como de grandes instalaciones industriales.

Los parámetros más significativos de este tipo de ensayo son, el tiempo de subida relativamente rápido, la forma de onda oscilatoria decreciente amortiguada, la frecuencia de repetición elevada y la duración de las ráfagas.

Las formas de onda que se producen en estos dos tipos de ensayos están definidas en 6.1.1 y 6.1.2. El anexo A contiene información de los fenómenos primarios y selección del ensayo.

Es responsabilidad de los Comités de producto establecer cuales de los fenómenos, entre los citados en esta norma, es relevante y decidir si el ensayo considerado es aplicable.

4 DEFINICIONES

Por necesidades de esta sección, se aplican las definiciones y los términos siguientes. Conciernen únicamente al campo de las oscilaciones transitorias y no están todas incluidas en la norma CEI 50(161).

4.1 ESE: Equipo sometido a ensayo.

4.2 puerta: Interfase del ESE con el entorno electromagnético exterior.

4.3 acoplamiento: Interacción entre circuitos, transfiriendo energía de uno a otro.

4.4 red de acoplamiento: Circuito eléctrico destinado a transferir energía de un circuito a otro.

4.5 red de desacoplamiento: Circuito eléctrico destinado a impedir que la tensión de ensayo aplicada al ESE, interfiera a otros dispositivos, equipos o sistemas que no están sometidos a ensayo.

4.6 inmunidad (a una perturbación): Aptitud de un dispositivo, de un equipo o de un sistema a funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética. [VEI 161-01-20]

4.7 transitorio (adjetivo y nombre): Se dice de un fenómeno que varía entre dos regímenes estables consecutivos en un intervalo de tiempo relativamente corto comparado con la escala de tiempo considerada. [VEI 161-02-01]

4.8 tiempo de subida: Tiempo entre el instante al cual el valor instantáneo de un impulso alcanza por primera vez 10%, después 90% de su valor. [VEI 161-02-05, modificado]

4.9 ráfaga: Secuencia de un número limitado de impulsos distintos u oscilaciones de duración limitada. [VEI 161-02-07]

5 NIVELES DE ENSAYO

Las tablas 1 y 2 indican el rango preferencial de los niveles de ensayo para las ondas sinusoidales y las oscilatorias amortiguadas aplicables a las puertas de alimentación, de control y de señal del equipo considerado.

Los niveles aplicables a las puertas de alimentación, de control y de señal pueden ser diferentes. Los niveles utilizados para puertas de señal y control no deberán diferir en más de un nivel de los utilizados para las puertas de alimentación.

Tabla 1
Niveles de ensayo para la onda sinusoidal amortiguada

Nivel	Modo común kV	Modo diferencial kV
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2	1
4	4	2
x ¹⁾	x	x

1) x corresponde a un nivel no definido. Este nivel puede ser indicado en las especificaciones de producto.

Tabla 2
Niveles de ensayo para la onda oscilatoria amortiguada

Nivel	Modo común kV	Modo diferencial kV
1	0,5	0,25
2	1	0,5
3	2 ²⁾	1
4	—	—
x ¹⁾	x	x

1) x corresponde a un nivel no definido. Este nivel puede ser indicado en las especificaciones de producto.

2) Este valor es incrementado a 2,5 kV para equipos de subestaciones.

La aplicación de estos dos ensayos, respectivamente el de onda sinusoidal amortiguada y onda oscilatoria amortiguada, deberán hacer referencia a las especificaciones de producto.

Las especificaciones relativas a cada uno de estos ensayos se presentan en el apartado 8.2.

El anexo B da las informaciones relativas a la selección de los niveles de ensayo.

6 EQUIPO DE ENSAYO

6.1 Generadores de ensayo

Las siguientes características son comunes a los generadores de onda sinusoidal amortiguada y onda oscilatoria amortiguada. Los parámetros distintos están indicados, respectivamente en 6.1.1 y 6.1.2.

El generador de ensayo deberá ser capaz de funcionar en condiciones de cortocircuito.

La salida del generador deberá ser flotante y el desequilibrio de las capacidades de salida a tierra inferior al 10%. Esta condición se recomienda para ensayar las puertas de control y de señal del ESE en modo diferencial; no siendo necesaria para las puertas de alimentación ni para los ensayos en modo común de las puertas de control y de señal.

Las precauciones a tener en cuenta cuando la salida del generador de ensayo no es flotante se indican en el apartado b) de 8.2.

Los generadores estarán provistos de medios para prevenir la emisión de perturbaciones elevadas que puedan inyectarse en la red de alimentación de potencia, o que puedan influenciar los resultados del ensayo.

En el anexo C se da información de la impedancia de los generadores de ensayo.

6.1.1 Características y funcionamiento del generador de ondas sinusoidales amortiguados. El generador de onda oscilatoria amortiguada única es un generador con las siguientes características.

Especificaciones:

- tiempo de subida de la tensión (primera cresta): $0,5 \mu\text{s} \pm 20\%$ (circuito abierto);
- tiempo de subida de la corriente (primera cresta): $\leq 1 \mu\text{s}$ (en cortocircuito);
- frecuencia de oscilación: $100 \text{ kHz} \pm 10\%$;
- decrecimiento (de cada cresta): 60% de la cresta precedente;
- frecuencia de repetición: 1 a 60 transitorios por minuto;
- impedancia de salida: $12 \Omega, 30 \Omega \text{ y } 200 \Omega, \pm 20\%$ (conmutable);
- tensión a circuito abierto (valor de cresta): de 250 V (-10%) a 4 kV (+ 10%);
- corriente de cortocircuito (valor de cresta mínimo): 333 A cuando el generador está regulado a 12Ω ;
133 A cuando el generador está regulado a 30Ω ;
20 A cuando el generador está regulado a 200Ω ;
- relación de la fase con la frecuencia de alimentación: sincronizable de 0° a 360° , por pasos de 10°
- polaridad del primer semiperíodo: positiva y negativa.

La figura 1 describe la forma de onda sinusoidal amortiguada (tensión a circuito abierto y corriente en cortocircuito). La figura 2 presenta un ejemplo del esquema del generador.

El apartado 8.2 precisa cual debe ser la impedancia del generador según los ensayos.

6.1.2 Características y funcionamiento del generador de ondas oscilatorias amortiguadas. El generador es un generador de ondas oscilatorias amortiguadas repetitivas que presenta las siguientes características.

Especificaciones:

- tiempo de subida de la tensión (primera cresta): 75 ns \pm 20%;
- frecuencia de oscilación (valores preferentes): 100 kHz y 1 MHz \pm 10%;
- frecuencia de repetición: al menos 40/s a una frecuencia de 100 kHz y 400/s a 1 MHz;
- frecuencia de repetición opcional: $4 \cdot 10^{-4}$ x frecuencia de oscilación;
- decrecimiento: 50% del valor de cresta entre el tercer y sexto período;
- duración de las ráfagas: al menos 2 s;
- impedancia de salida: 200 Ω \pm 20%;
- tensión de cresta a circuito abierto: de 250 V (–10%) a 2,5 kV (+ 10%);
- relación de la fase con la frecuencia de alimentación: ninguna;
- polaridad del primer semiperíodo: positiva y negativa.

La figura 3 describe la forma de onda oscilatoria amortiguada.

La figura 4 da un ejemplo del esquema del generador.

6.2 Verificación de las características de los generadores de ensayo

Las características esenciales de los generadores de ensayo deben ser verificadas para permitir comparar los resultados obtenidos de diferentes generadores.

Las características a verificar de acuerdo a las especificaciones indicadas en 6.1.1 y 6.1.2 son las siguientes:

- tiempo de subida (tensión y corriente);
- frecuencia de oscilación;
- decrecimiento;
- frecuencia de repetición;
- tensión a circuito abierto;
- corriente de cortocircuito.

Estas verificaciones deberán ser efectuadas por medio de sondas de tensión o de corriente (según el caso) y osciloscopio, u otros instrumentos de medida equivalentes de un ancho de banda mínimo de 20 MHz.

El rango de error de las medidas no debe ser superior a \pm 10%.

El nivel de las perturbaciones emitidas por el generador (véase 6.1) debe ser controlado.

6.3 Red de acoplamiento/desacoplamiento

La red de acoplamiento/desacoplamiento (CDN) permite a la vez la capacidad de aplicar la tensión de ensayo en modo común o en modo diferencial a las puertas de alimentación, de señal y de control del ESE y previene al equipo auxiliar utilizado en el ensayo de verse afectado por la tensión de ensayo. La red no debe afectar a los parámetros especificados del generador; por ejemplo, la corriente de salida.

Las especificaciones, comunes a las redes de alimentación, así como a las puertas de entradas/salidas, se indican a continuación; mientras que las especificaciones específicas se dan en 6.3.1 y 6.3.2.

La red de acoplamiento deberá estar provista de un condensador de acoplamiento adaptado a la impedancia seleccionada para el generador de ensayo (véase 8.2), como sigue:

- 0,5 μ F para una impedancia de generador de 200 Ω ;
- 3 μ F (mínimo) para una impedancia de generador de 30 Ω ;
- 10 μ F (mínimo) para una impedancia de generador de 12 Ω .

Estos valores de los condensadores de acoplamiento se adecuan para dar una atenuación de acoplamiento menor de 1 dB.

Para algunas aplicaciones, los condensadores de acoplamiento deberán reemplazarse por otros tipos de dispositivos de acoplamiento (DA), tales como tubos de descarga, diodos de avalancha de silicio (diodos "zener"), etc.

La red de acoplamiento/desacoplamiento deberá disponerse con un borne específico de tierra.

Las verificaciones relacionadas con las especificaciones dadas en 6.3.1 y 6.3.2, deberán llevarse a cabo con un osciloscopio, o instrumento de medida equivalente, con un ancho de banda mínimo de 20 MHz.

El circuito esquemático de la red se muestra en las figuras relacionadas con los procedimientos para llevar a cabo los ensayos (véase 8.2).

6.3.1 Red de acoplamiento/desacoplamiento para puertas de alimentación de c.a./c.c. Las formas de onda de salida de la red de acoplamiento/desacoplamiento deberán cumplir los mismos requerimientos que los enumerados para el generador de ensayo mismo enunciados en 6.2.

Especificaciones:

- desacoplamiento en modo común (atenuación): 20 dB;
- desacoplamiento en modo diferencial (atenuación): 30 dB;
- rigidez dieléctrica de los condensadores de acoplamiento con una onda 1,2/50 μ s: 5 kV;
- corriente admisible: igual a la nominal de la puerta de alimentación;
- número de fases: una o tres, según se requiera.

6.3.2 Red de acoplamiento/desacoplamiento para puertas de control y de señal. La red tiene las mismas especificaciones dadas en 6.3.1, con la siguiente excepción:

- atenuación de desacoplamiento: 30 dB (modos común y diferencial).

La atenuación mínima de desacoplamiento puede no ser suficiente para proteger las fuentes auxiliares de señal, pudiendo ser necesarios dispositivos adicionales de protección.

La red puede estar compuesta de unidades simples para dar posibilidad de ensayar las puertas de entradas/salidas con circuitos simples o agrupaciones de circuitos (por ejemplo, varios hilos con un común).

7 INSTALACIÓN DE ENSAYO

La instalación de ensayo incluye los siguientes componentes:

- conexiones de puesta a tierra, plano de referencia a tierra (PRT);
- equipo sometido a ensayo (ESE);
- generador de ensayo;
- instrumentación de medida;
- red de acoplamiento y de desacoplamiento;
- instrumentación auxiliar.

Las figuras siguientes presentan ejemplos de una instalación de ensayo:

figura 5 – ejemplo de una instalación de ensayo para equipo de sobremesa;

figura 6 – ejemplo de una instalación de ensayo para equipo dispuesto sobre el suelo.

7.1 Conexiones de puesta a tierra

Cuando se realicen los ensayos se deberán observar las indicaciones de seguridad con relación a la puesta a tierra del fabricante del ESE y del equipo de ensayo.

Cuando se lleve a cabo la instalación de ensayo, la puesta a tierra del generador de ensayo, de la red de acoplamiento/desacoplamiento, del ESE y del equipo auxiliar puede obtenerse utilizando un plano de referencia a tierra (PRT), o las adecuadas conexiones a tierra.

Las especificaciones se dan en 7.1.1 y 7.1.2.

7.1.1 Plano de referencia a tierra (PRT). Cuando se use un plano de referencia a tierra (PRT), deberá ser de una lámina metálica (cobre o aluminio) de un mínimo de 0,25 mm de espesor; podrán utilizarse otros materiales, pero en ese caso deberán tener un espesor mínimo de 0,65 mm.

Cuando se utilice, el ESE y el equipo auxiliar de ensayo se situará sobre el plano de referencia a tierra del laboratorio y conectados al mismo.

El tamaño mínimo del PRT será de 1 m x 1 m; dependiendo sus tamaño final de las dimensiones del ESE. El PRT deberá sobresalir por debajo del ESE y del equipo auxiliar un mínimo de 0,1 m por todos los lados.

El PRT estará conectado a la tierra de seguridad del laboratorio (véanse figuras 7.a a 14.a).

7.1.2 Conexiones específicas de puesta a tierra. Para equipo de sobremesa, los ensayos podrán realizarse sin el PRT, para satisfacer reglamentaciones nacionales de seguridad. En este caso la repetibilidad podrá verse afectada. Sin embargo, cuando se ensaya sin PRT, es necesario asegurar que todos los posibles caminos de corriente de choque no incluyan conductores (incluyendo los conductores de tierra de protección) que puedan ser comunes con otro equipo, que no esté incluido intencionadamente en la configuración del ensayo.

Para cumplir con esto es necesario derivar la tierra de protección (PE) para las tres unidades (generador de ensayo de choque, red de acoplamiento/desacoplamiento y ESE) del mismo punto: específicamente desde la entrada de la PE a la red de acoplamiento/desacoplamiento (véase figuras 7.b a 14.b).

También es necesario poner la carcasa del generador de ensayo a la PE, pero los bornes de salida del generador deberán estar flotantes.

7.2 Equipo sometido a ensayo (ESE)

El equipo sometido a ensayo (ESE) se dispondrá y conectará según las especificaciones de instalación del equipo.

La distancia mínima entre el ESE y todas las demás estructuras conductoras (por ejemplo, las paredes de una sala apantallada), excepto el PRT debajo del ESE, será de 0,5 m.

Los circuitos de alimentación, entradas y salidas deberán conectarse a las fuentes de alimentación, de control y de señalización a través de la red de acoplamiento/desacoplamiento.

Las señales de operación para el funcionamiento del ESE pueden provenir de equipo auxiliar o de un simulador.

Los circuitos de entrada y salida al simulador deberán estar provistos de filtros de bloqueo, para prevenir interferencias con este equipo.

Deberán utilizarse los cables suministrados o especificados por el fabricante del equipo o, en su ausencia, se adoptarán cables no apantallados, del tipo apropiado para las señales involucradas.

La red de acoplamiento/desacoplamiento deberá insertarse en los circuitos a una distancia del ESE igual a 1 m de cable y conectado al PRT.

Las líneas de comunicación (datos) deberán conectarse al ESE por los cables indicados en la especificación técnica o en la norma para esta aplicación; debiendo estar sobreelevados 0,1 m sobre el PRT durante al menos 1 m de longitud.

A continuación se indican las prescripciones para los equipos de sobremesa o sobre suelo.

a) *Equipo de sobremesa*

El equipo se situará sobre una mesa de madera, de aproximadamente 0,8 m de altura. El ESE y los cables estarán aislados del PRT, cuando se utilice, por un soporte aislante de 0,5 mm de grosor.

El equipo (por ejemplo, terminales, monitores, etc.) para el que la tierra se toma a través del cable de conexión (hilo amarillo-verde), se conectarán a tierra por el borne de tierra de la red de acoplamiento/desacoplamiento.

La figura 5 presenta un ejemplo de configuración de ensayo de equipo de sobremesa.

b) *Equipo dispuesto sobre el suelo*

Cuando se utilice el PRT, el equipo a ensayar sobre el suelo se situará sobre el PRT interponiendo un soporte aislante de $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ de espesor; por ejemplo, madera seca.

El ESE se conectará al sistema de tierra de acuerdo a las especificaciones de instalación del fabricante.

Los armarios con equipos se conectarán a una tierra de protección directamente en el PRT con una conexión lo menor posible desde el borne de tierra del ESE; no admitiéndose conexiones adicionales.

La figura 6 presenta un ejemplo de configuración de ensayo de equipo dispuesto sobre el suelo.

7.3 Red de acoplamiento/desacoplamiento

La red de acoplamiento/desacoplamiento se dispondrá en la proximidad del ESE y conectada al mismo por cables de 1 m de longitud. Deberán conectarse al PRT, donde se use, por una conexión lo más corta posible.

El ESE se deberá ensayar con un cable de potencia de 1 m de longitud, excepto en los siguientes casos, donde el exceso de longitud del cable deberá disponerse en una bobina plana de 0,2 m de diámetro y situada a una distancia de 0,1 m sobre el PRT.

ESE alimentado por un cable moldeado no desconectable

Deberá ensayarse con la longitud real suministrada.

ESE suministrado con un cable desconectable, moldeado en ambos extremos y especificado en el manual del fabricante

Deberá ensayarse con el cable especificado; sin embargo, si el fabricante especifica más de una longitud de cable moldeado, se utilizará la menor para el ensayo.

7.4 Generadores de ensayo

El generador de ensayo se situará próximo a la red de acoplamiento/desacoplamiento y conectado a esta última por un cable de 1 m de longitud.

Se conectará al PRT, donde se use (véase 7.1.1), o a la tierra de protección del laboratorio (véase 7.1.2) por una conexión lo más corta posible; en caso de ensayar la puerta de comunicación, véase las recomendaciones del punto c) de 8.2.1.

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo incluye:

- la verificación de las condiciones de referencia del laboratorio;
- la verificación preliminar del correcto funcionamiento del equipo;
- la ejecución del ensayo;
- la evaluación de los resultados del ensayo.

8.1 Condiciones de referencia del laboratorio

Para minimizar el impacto de los parámetros ambientales en los resultados del ensayo, estos se llevarán a cabo en las condiciones climáticas y electromagnéticas de referencia especificadas en los apartados 8.1.1 y 8.1.2.

8.1.1 Condiciones climáticas. Los ensayos se efectuarán en las condiciones climáticas normales de acuerdo con la Norma CEI 68-1:

- temperatura entorno: 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa: 25% a 75%;
- presión atmosférica: 86 kPa (860 mbar) a 106 kPa (1 060 mbar).

NOTA – Cualquier otro valor se indicará en la especificación del producto.

El ESE se operará dentro de las condiciones climáticas previstas.

8.1.2 Condiciones electromagnéticas. Las condiciones electromagnéticas del laboratorio no deben afectar a los resultados del ensayo.

8.2 Ejecución del ensayo

El ensayo se efectúa de acuerdo a un plan de ensayo, incluyendo la verificación del funcionamiento del ESE, definido en la norma del producto, o en su ausencia, por la especificación técnica.

El ESE se encontrará en condiciones normales de funcionamiento.

El plan de ensayo deberá especificar:

- tipo de ensayo a realizar;
- nivel de ensayo;
- generador de ensayo e impedancia interna seleccionada para cada ensayo;
- polaridad de la tensión de ensayo (ambas polaridades son obligatorias);
- número de aplicaciones de la tensión de ensayo;
- duración del ensayo;
- las puertas del ESE a ensayar;
- modo de aplicación de la tensión de ensayo (fase-tierra, fase-fase, entre armarios);
- secuencia de aplicación de la tensión de ensayo sobre las puertas del ESE;
- el ángulo y fase de sincronización para la tensión de ensayo del generador (solo para onda sinusoidal amortiguada);
- las condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- equipo auxiliar.

La alimentación, señal y otras magnitudes eléctricas funcionales deberán aplicarse dentro de su rango asignado. Si las fuentes reales de señal no estuvieran disponibles, podrán simularse. Se deberá efectuar una verificación preliminar del funcionamiento del equipo en la instalación de ensayo completa antes de aplicarle la tensión de ensayo.

Antes de efectuar el ensayo, se verificarán las características del generador de ensayo para satisfacer los requisitos de 6.1.

La tensión de ensayo se aplicará al ESE, previamente dispuesto como en 7.2.

El ESE se verificará según la norma del producto o, en su ausencia, por las especificaciones técnicas, que especificarán la aplicabilidad de la onda sinusoidal amortiguada, o de la onda oscilatoria amortiguada, o ambas.

Bajo ninguna circunstancia el nivel de ensayo, la impedancia del generador o la frecuencia de repetición excederán la especificación del producto.

a) Ensayo fase-tierra (modo común)

La tensión de ensayo se aplicará, a través de la red de acoplamiento, entre cada circuito y tierra (PRT).

Una de las salidas del generador de ensayo estará conectada a tierra (PRT). La otra salida del generador se conectará por un sólo circuito a todos los bornes de entrada de la red de acoplamiento, estando estos bornes interconectados.

Para ensayar circuitos con más de dos bornes (por ejemplo, agrupaciones), la tensión de ensayo se aplicará simultáneamente entre todos los bornes del circuito y tierra (PRT).

En las siguientes figuras se indican ejemplos de aplicación de estas prescripciones en función de los diferentes tipos de puertas del ESE:

figura 7 – ensayo en modo común de puertas de alimentación continua/alterna monofásica;

figura 8 – ensayo en modo común de puertas de alimentación alterna trifásica;

figura 9 – ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un circuito único;

figura 10 – ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común.

Cada figura hace referencia a la disposición de ensayo con PRT (figuras 7.a, 8.a, 9.a y 10.a) y con conexiones de tierra específicas (figuras 7.b, 8.b, 9.b y 10.b) respectivamente.

b) Ensayo entre fases (modo diferencial)

La tensión de ensayo se aplicará, a través de red de acoplamiento, entre cada combinación representativa de los bornes del circuito sometido a ensayo.

La salida del generador de ensayo será flotante.

En las siguientes figuras se indican ejemplos de aplicación de estas prescripciones en función de los diferentes tipos de puertas del ESE:

figura 11 – ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación continua/alterna monofásica;

figura 12 – ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación alterna trifásica;

figura 13 – ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un circuito único;

figura 14 – ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común.

Cada figura hace referencia a la disposición de ensayo con PRT (figuras 11.a, 12.a, 13.a y 14.a) o con conexiones de tierra específicas (figuras 11.b, 12.b, 13.b y 14.b) respectivamente.

En caso de generadores de ensayo sin salida flotante, se aplicará lo siguiente:

- la alimentación del generador de ensayo, del ESE y de la instrumentación de medida (por ejemplo, osciloscopio conectado a la salida de control), se efectuará mediante un transformador de aislamiento de baja capacidad (alrededor de 10 pF);
- el generador se situará en una mesa de madera (u otro material no conductor), de 0,8 m de altura;
- el generador no deberá conectarse al sistema de seguridad de tierra, pero no será accesible por el personal.

La figura 15 presenta un ejemplo de instalación de ensayo en modo diferencial con salida del generador de ensayo no flotante.

Siempre que el generador de ensayo esté aislado de esta forma, deberán tomarse precauciones para realizar condiciones equivalentes con relación a las reglas de seguridad (capítulo 6 de la norma CEI 1010-1).

8.2.1 Ensayo con onda sinusoidal amortiguada. Un mínimo de cinco transitorios positivos y cinco negativos se deberán aplicar, con un intervalo mínimo de 1 s, dependiendo de la impedancia del generador, así como del ESE y otras protecciones contra transitorios involucrados en el ensayo.

Las especificaciones del equipo definirán la impedancia del generador de ensayo que se utilizará para diferentes puertas del ESE y el intervalo de tiempo.

El intervalo mínimo de tiempo es:

- 10 s para ensayos con 12 Ω de impedancia;
- 6 s para ensayos con 30 Ω de impedancia;
- 1 s para ensayos con 200 Ω de impedancia.

En el capítulo A.1 del anexo A se informa de la frecuencia máxima de repetición.

Otras prescripciones pueden darse en la norma del producto o la especificación del producto.

a) *Ensayo de la puerta de alimentación*

La tensión de ensayo se aplicará a través de la red de acoplamiento/desacoplamiento.

La impedancia del generador de ensayo deberá ser como sigue:

- 12 Ω para el ensayo de puertas del ESE conectados a circuitos principales;
- 30 Ω para el ensayo de puertas del ESE conectados a salidas de cable.

Otras prescripciones pueden darse en la norma del producto o en la especificación del producto.

Deberá definirse la sincronización de los transitorios con la frecuencia de alimentación y la relación entre fases. En el capítulo A.1 del anexo A se da información de los posibles efectos.

b) *Ensayo de la puerta de entrada/salida*

La tensión de ensayo se aplicará a través de la red de acoplamiento/desacoplamiento, siempre que la red sea adecuada para las señales de operación de las puertas del ESE.

Siempre que la red de acoplamiento/desacoplamiento pueda producir degradación en la señal de operación, se aplicará el método dado en el punto c).

La impedancia del generador de ensayo será de 200 Ω , a menos que el ensayo involucre dispositivos de protección o filtros; en ese caso, la impedancia del generador de ensayo será de 12 Ω o 30 Ω , de acuerdo a las especificaciones del producto.

Se seleccionarán diferentes valores de impedancia, cuando la tensión de ensayo en los bornes del ESE (condición de carga) se reduzca al 50% o menos, del nivel de ensayo seleccionado.

c) *Ensayo de un sistema con puertas de comunicación*

El ensayo de las puertas de comunicación de un sistema (que involucran señales rápidas) con la aplicación de las tensiones de ensayo a través de la red de acoplamiento/desacoplamiento puede causar degradación de las señales de operación. En esa situación, la tensión de ensayo se aplicará entre los armarios del equipo interconectados (ESE1 y ESE2), de acuerdo con la figura 16. La impedancia de salida del generador de ensayo será de 12 Ω .

Para cables con un sólo extremo de la pantalla puesto a tierra, el lado de la pantalla no conectado a tierra se conectará al armario a través de una capacidad de acoplamiento de 0,5 μF .

La longitud normalizada del cable será de 10 m.

Los cables de señal deberán conectarse de acuerdo a las especificaciones del producto, que informará de cualquier medida de protección que se deba tomar.

Cuando el ESE1 sea un equipo auxiliar (simulador), se deberá hacer una verificación preliminar de la inmunidad del simulador; en caso de pérdida de inmunidad del simulador, y cuando no se puedan adoptar medidas para evitar la susceptibilidad, el ensayo se llevará a cabo con los siguientes objetivos:

- no dañar la puerta de comunicación;
- la comunicación sólo se alterará durante la aplicación de la tensión de ensayo;
- las características funcionales del ESE, que no tengan que ver con la comunicación, no se verán afectadas.

8.2.2 Ensayo con onda oscilatoria amortiguada. Las frecuencias de oscilación preferenciales utilizadas en los ensayos con onda oscilatoria amortiguada serán de 100 kHz y 1 MHz.

La tensión de ensayo se aplicará a las puertas de alimentación, de entrada/salida y de comunicación, en ambas polaridades, de acuerdo con la especificación del producto.

Los transitorios no estarán sincronizados con la alimentación.

La duración del ensayo no será menor de 2 s.

El intervalo mínimo de tiempo entre dos ensayos sucesivos será de 1 s.

Cualquier otra frecuencia de oscilación en el rango de 30 kHz a 10 MHz, frecuencia de repetición y duración del ensayo, podrá darse por los Comités de productos o las especificaciones de producto; para este propósito será necesario un generador de ensayo y una red de acoplamiento/desacoplamiento especiales. Las características deberán consignarse en el plan de ensayo.

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 éste ensayo 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 productos o especificaciones de producto:

- a) funcionamiento normal dentro de los límites especificados;
- b) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento autorrecuperable;
- c) degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que requiere la intervención del operador o la puesta a cero 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.

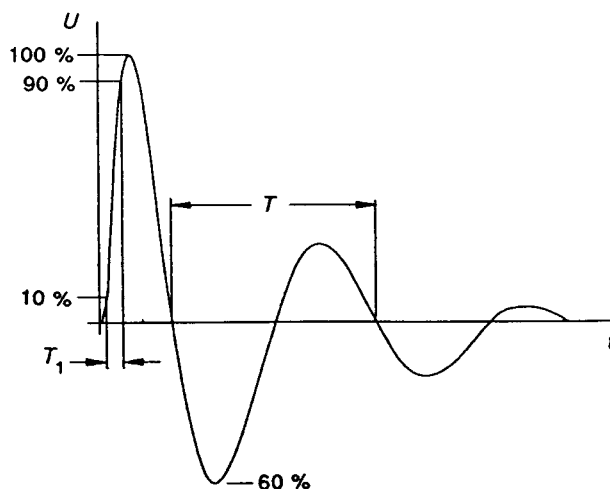
En caso de ensayos de aceptación, el plan de ensayos y la interpretación de los resultados del ensayo deberán describirse en la norma específica del producto.

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 la especificación técnica.

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

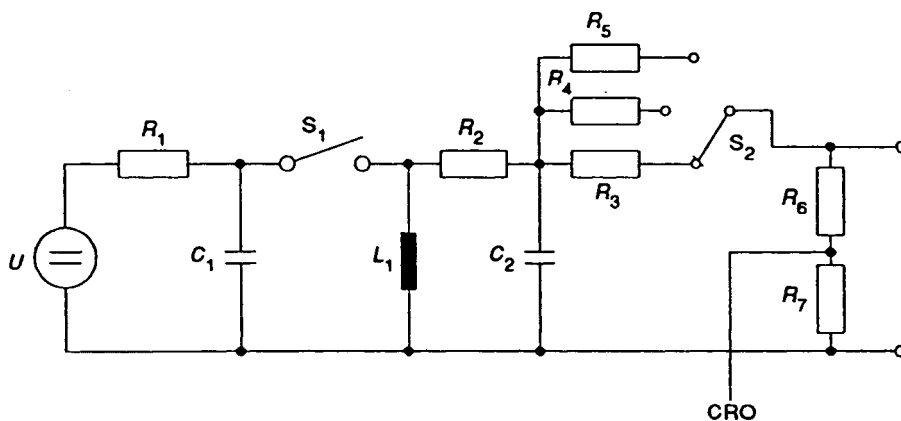
Para estas condiciones deberá verificarse que el equipo es capaz de recuperar sus capacidades operativas por sí mismo al final del ensayo; deberá por tanto anotarse el intervalo de tiempo durante el cual el equipo ha perdido sus capacidades funcionales. Estas verificaciones son obligatorias para la evaluación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

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



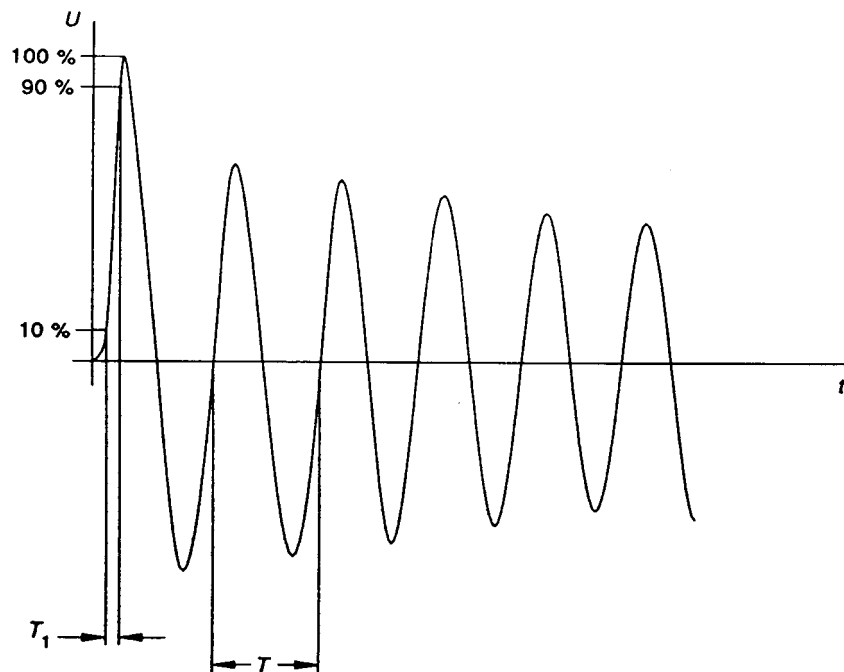
T_1 = tiempo de subida (0,5 μ s tensión a circuito abierto)
 (1 μ s corriente de cortocircuito)
 T = período de oscilación (10 μ s)

Fig. 1 – Forma de onda de la onda sinusoidal amortiguada (tensión a circuito abierto y corriente de cortocircuito)



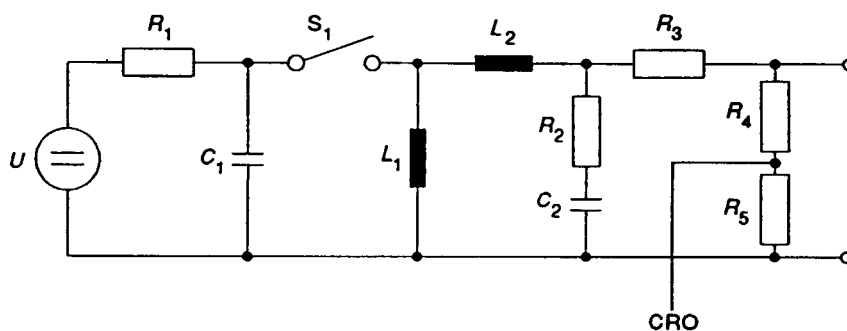
U:	fuente de alta tensión	C ₂ :	condensador de filtrado
R ₁ :	resistencia de carga	R ₃ :	resistencia de 200 Ω
C ₁ :	condensador de almacenamiento de energía	R ₄ :	resistencia de 30 Ω
S ₁ :	interruptor de alta tensión	R ₅ :	resistencia de 12 Ω
L ₁ :	bobina del circuito oscilatorio	S ₂ :	selector de impedancia de salida
R ₂ :	resistencia de filtrado	R ₆ , R ₇ :	resistencias del divisor de tensión
		CRO:	señal de control

Fig. 2 – Ejemplo de un esquema de circuito de un generador de ensayo para onda sinusoidal amortiguada



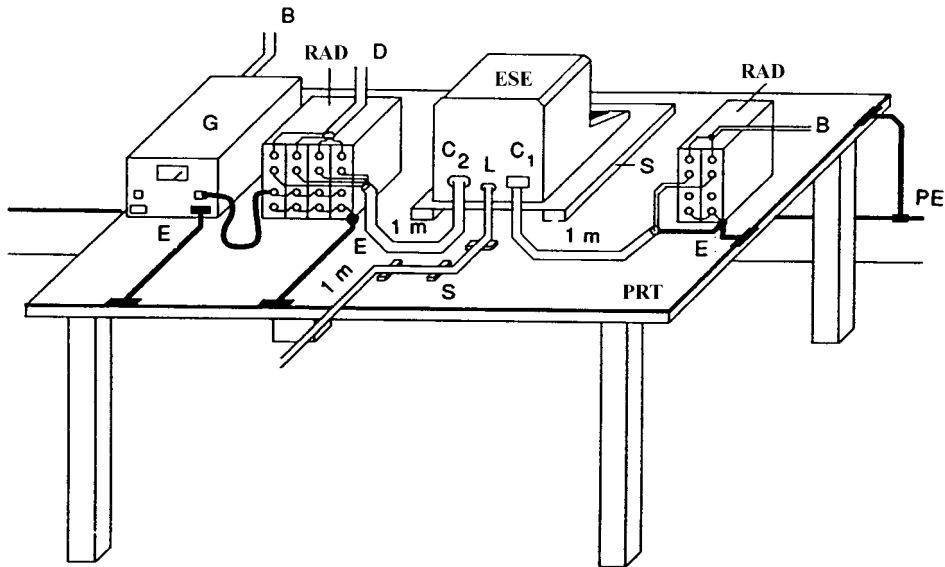
T_1 = tiempo de subida (75 ns)
 T = período de oscilación (10 μ s para 0,1 MHz)
 (1 μ s para 1 MHz)

Fig. 3 – Forma de onda de la onda oscilatoria amortiguada



U:	fuente de alta tensión	L_2 :	bobina de filtrado
R_1 :	resistencia de carga	R_2 :	resistencia de filtrado
C_1 :	condensador de almacenamiento	C_2 :	condensador de energía filtrado
S_1 :	interruptor de alta tensión	R_3 :	resistencia de fuente
L_1 :	bobina del circuito oscilatorio	R_4, R_5 :	resistencias del divisor de tensión
		CRO:	señal de control

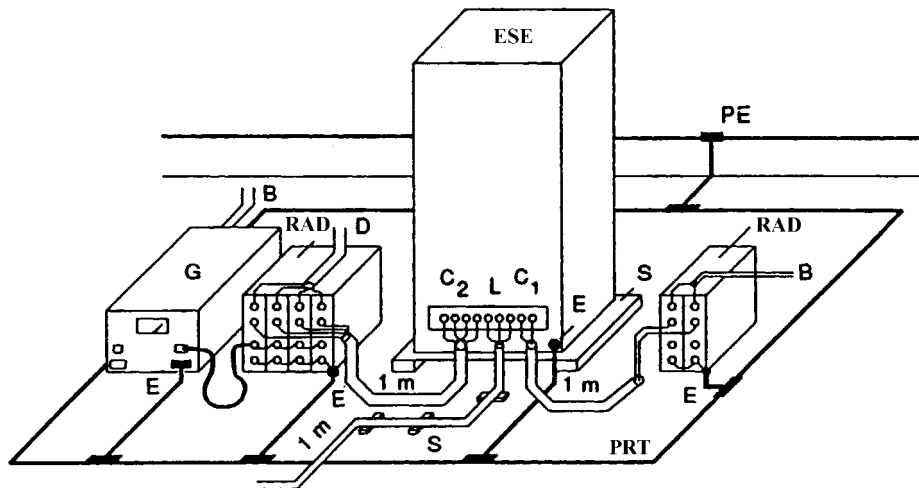
Fig. 4 – Ejemplo de un esquema de circuito de un generador de ensayo para onda oscilatoria amortiguada



NOTA - Las conexiones a tierra serán lo más cortas posible.

- | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| PE: tierra de protección | ESE: equipo sometido a ensayo |
| B: fuente de alimentación | G: generador de ensayo |
| C ₁ : bornes de alimentación | L: puerta de comunicación |
| C ₂ : bornes de entrada/salida | PRT: plano de referencia de tierra |
| D: fuente de señal/control | RAD: red de acoplamiento/desacoplamiento |
| E: conexión a tierra | S: soporte aislante |

Fig. 5 - Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo de sobremesa utilizando un plano de referencia a tierra



NOTA - Las conexiones a tierra serán lo más cortas posible.

- | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| PE: tierra de protección | ESE: equipo sometido a ensayo |
| B: fuente de alimentación | G: generador de ensayo |
| C ₁ : bornes de alimentación | L: puerta de comunicación |
| C ₂ : bornes de entrada/salida | PRT: plano de referencia a tierra |
| D: fuente de señal/control | RAD: red de acoplamiento/desacoplamiento |
| E: conexión a tierra | S: soporte aislante |

Fig. 6 - Ejemplo de instalación de ensayo para un equipo dispuesto sobre el suelo utilizando un plano de referencia a tierra

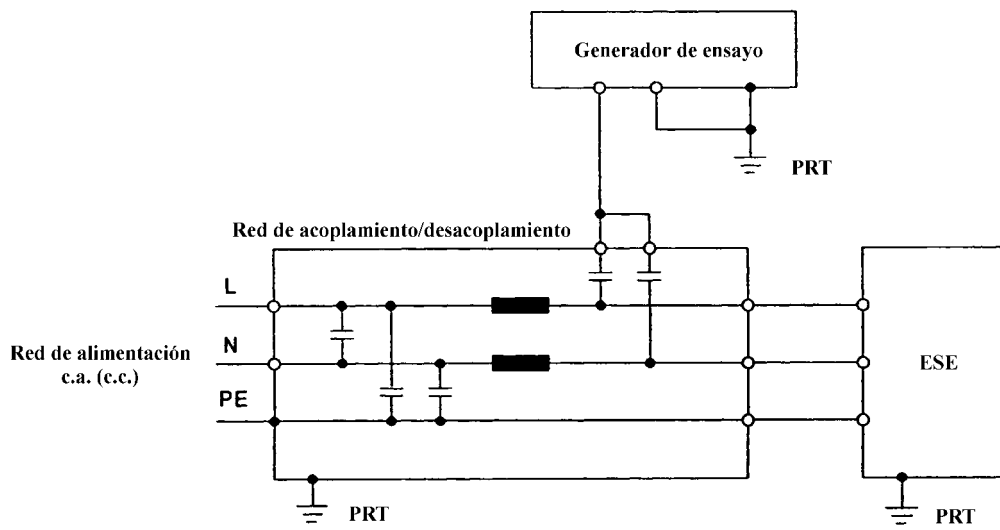


Fig. 7.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

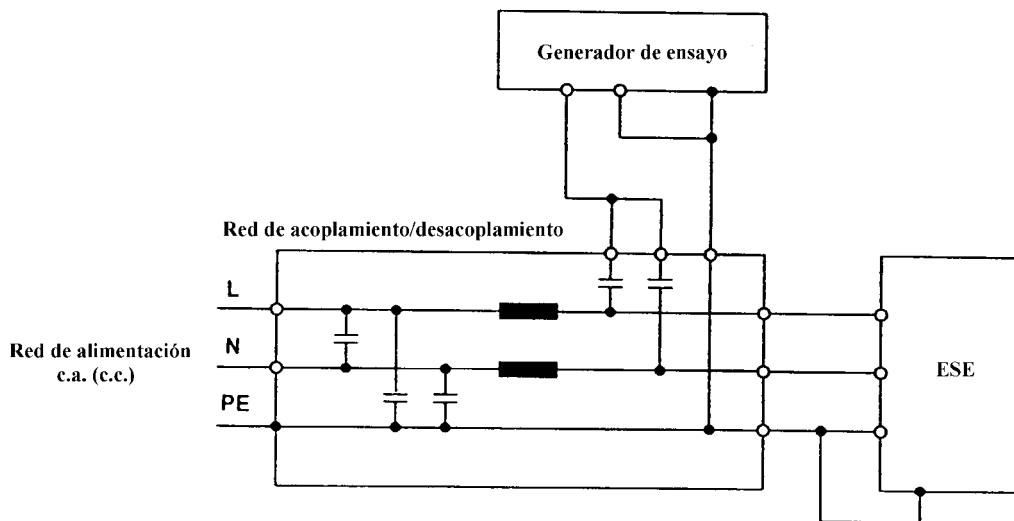


Fig. 7.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

Fig. 7 – Ensayo en modo común de puertas de alimentación continua/alterna monofásica

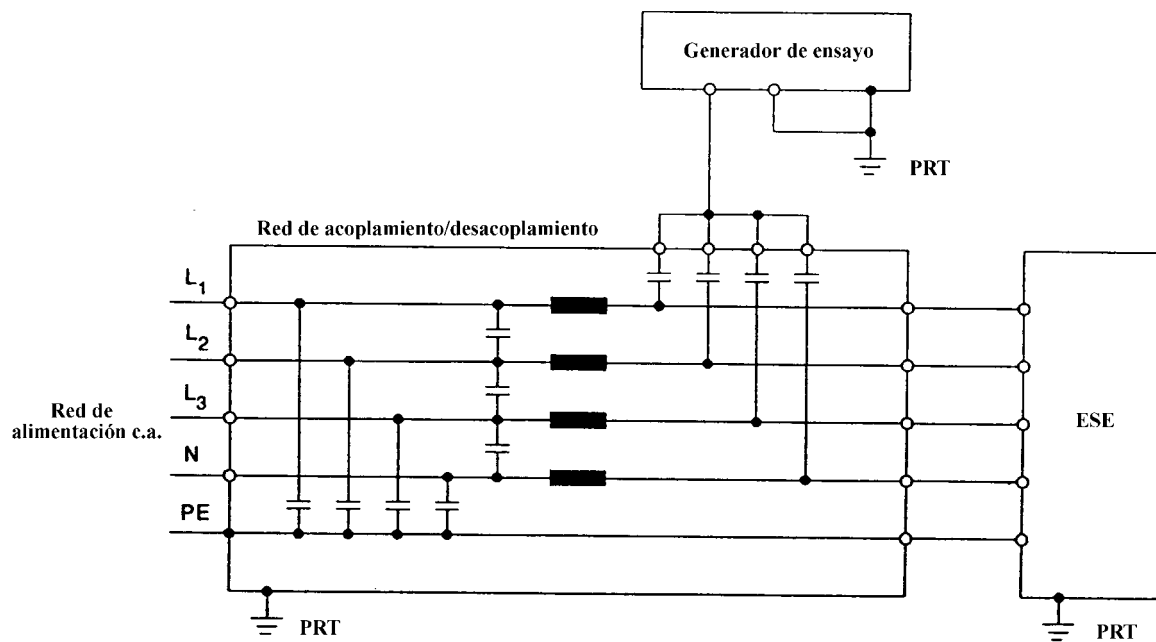


Fig. 8.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

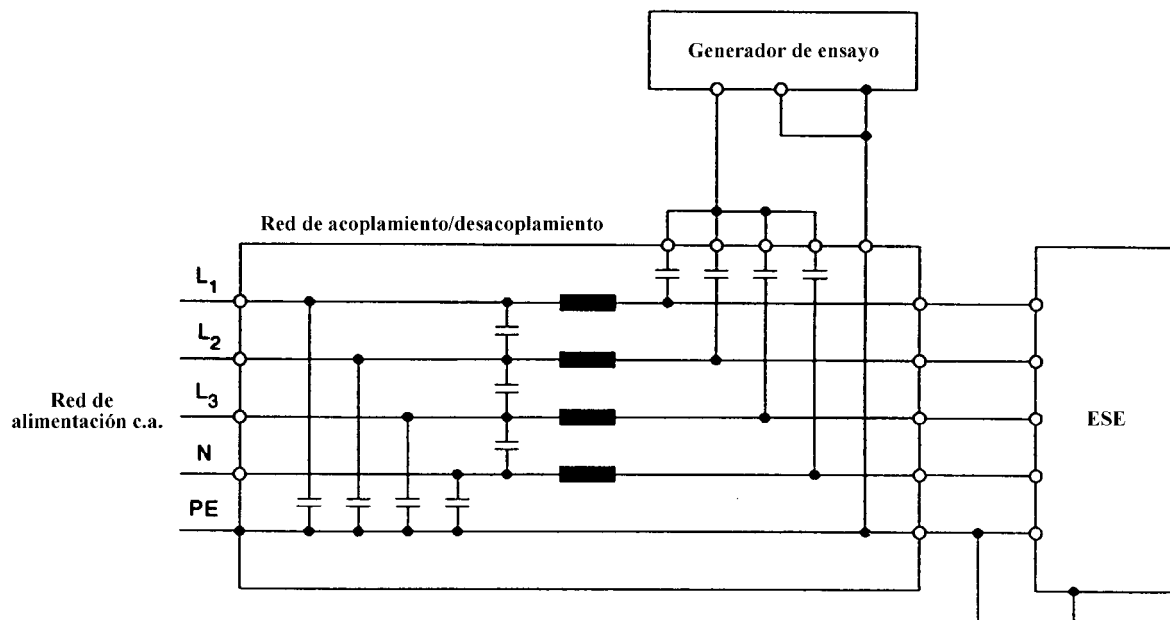


Fig. 8.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

Fig. 8 – Ensayo en modo común de puertas de alimentación alterna trifásica

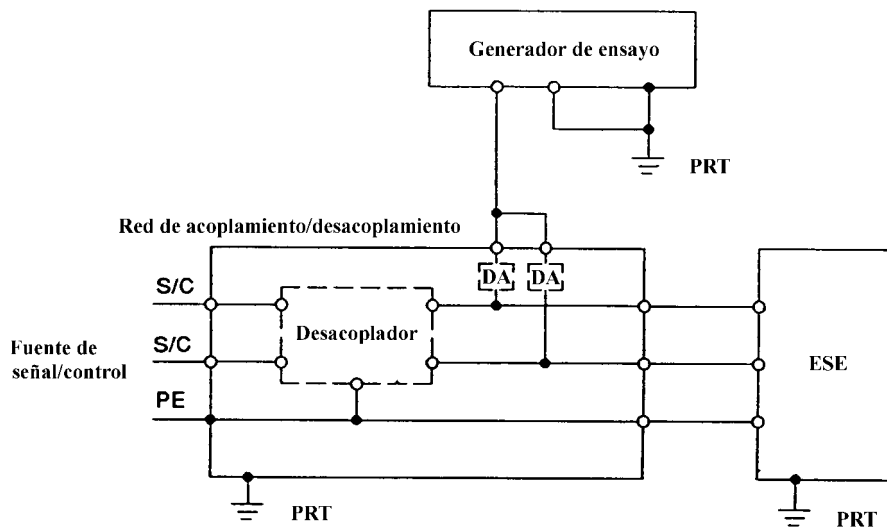


Fig. 9.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

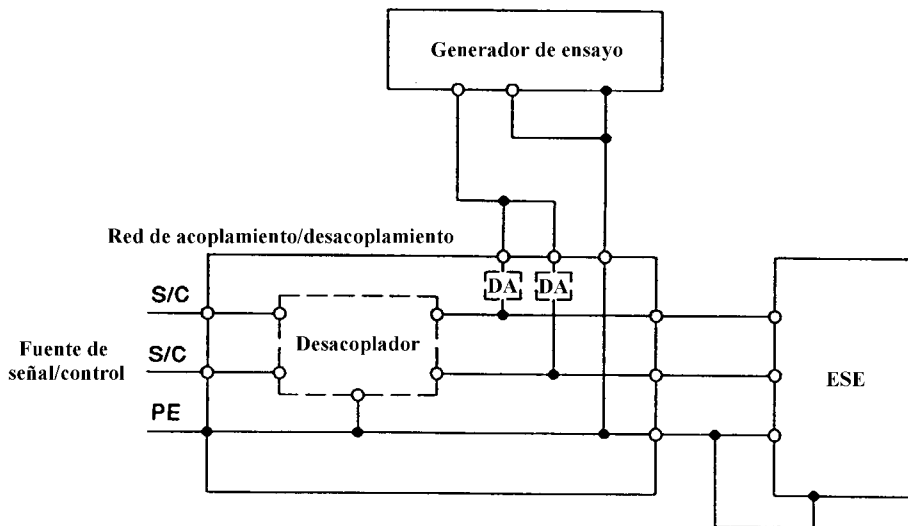


Fig. 9.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

DA: Dispositivos de acoplamiento. Para algunas aplicaciones, los condensadores de acoplamiento deberán reemplazarse por otros dispositivos de acoplamiento, tales como tubos de gas, diodos de avalancha de silicio, etc.

Fig. 9 – Ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un circuito único

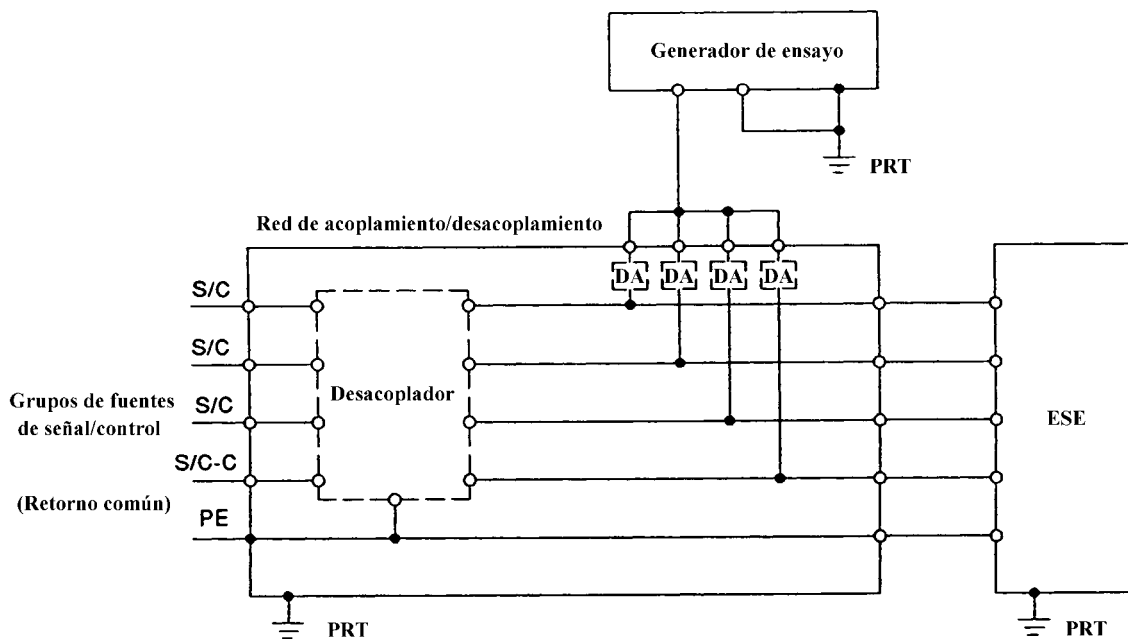


Fig. 10.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

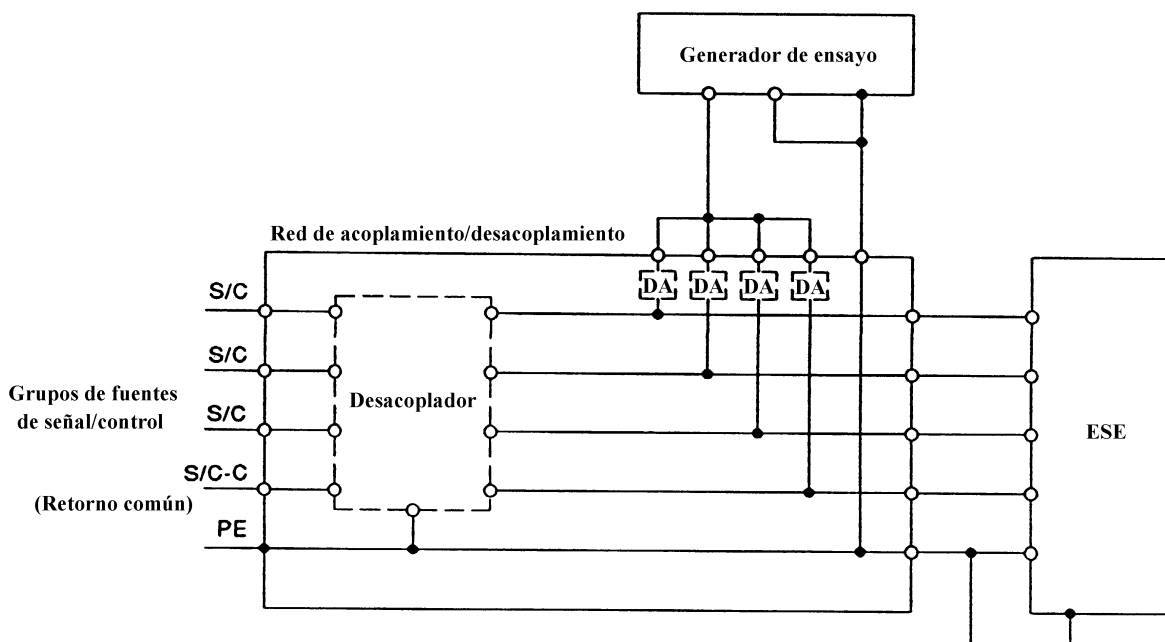


Fig. 10.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

DA: Dispositivos de acoplamiento. Para algunas aplicaciones, los condensadores de acoplamiento deberán reemplazarse por otros dispositivos de acoplamiento, tales como tubos de gas, diodos de avalancha de silicio, etc.

Fig. 10 – Ensayo en modo común de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común

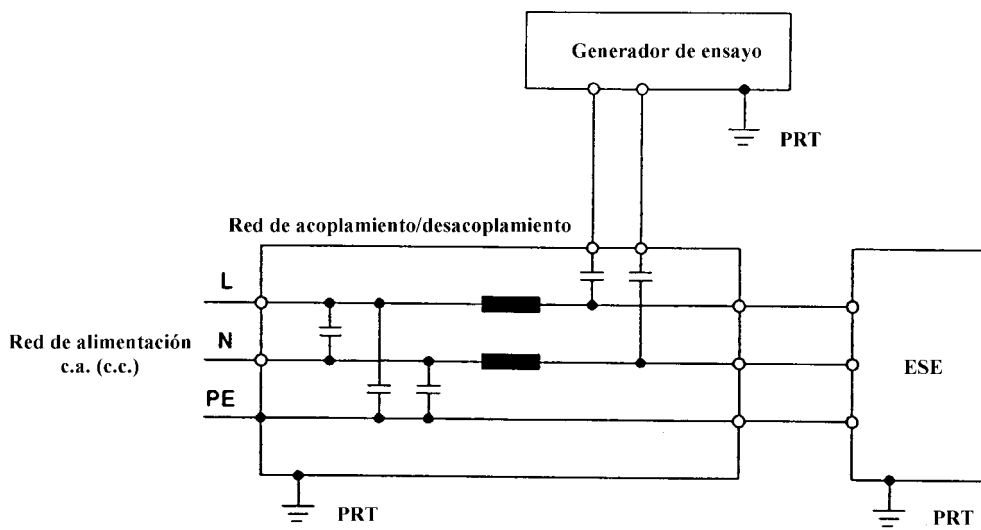


Fig. 11.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

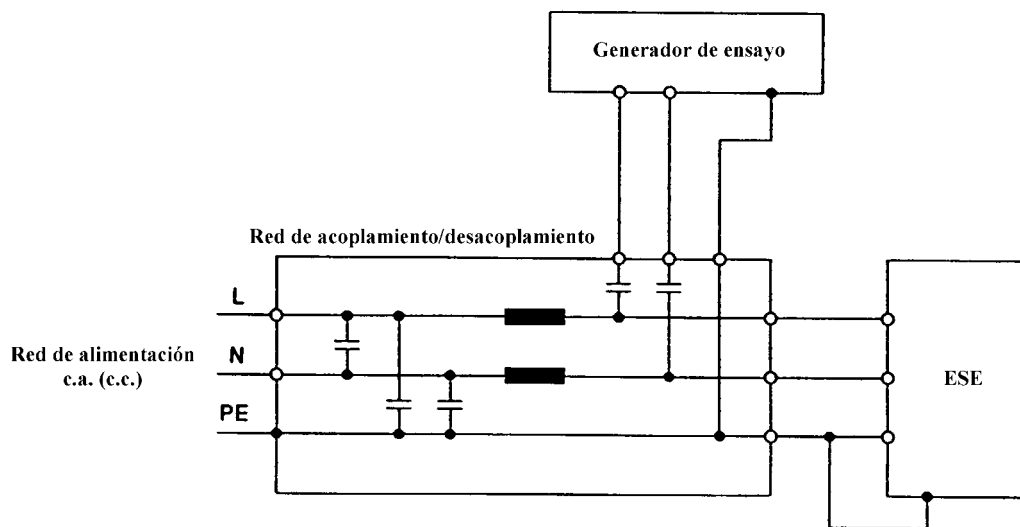


Fig. 11.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

Fig. 11 – Ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación continua/alterna monofásica

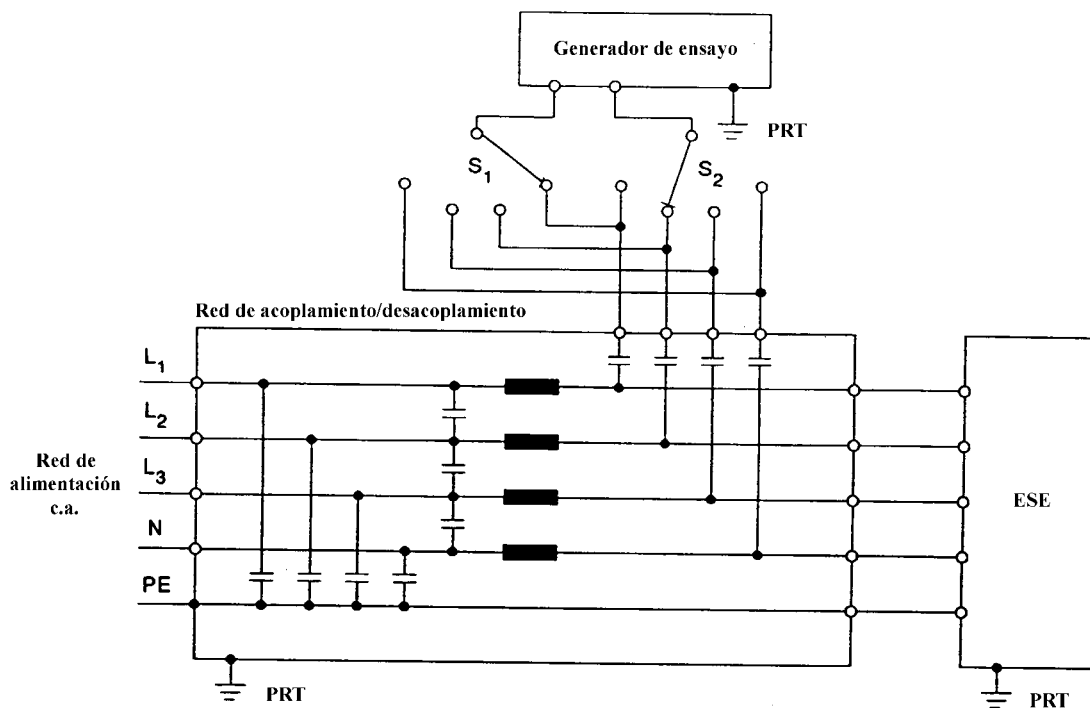


Fig. 12.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

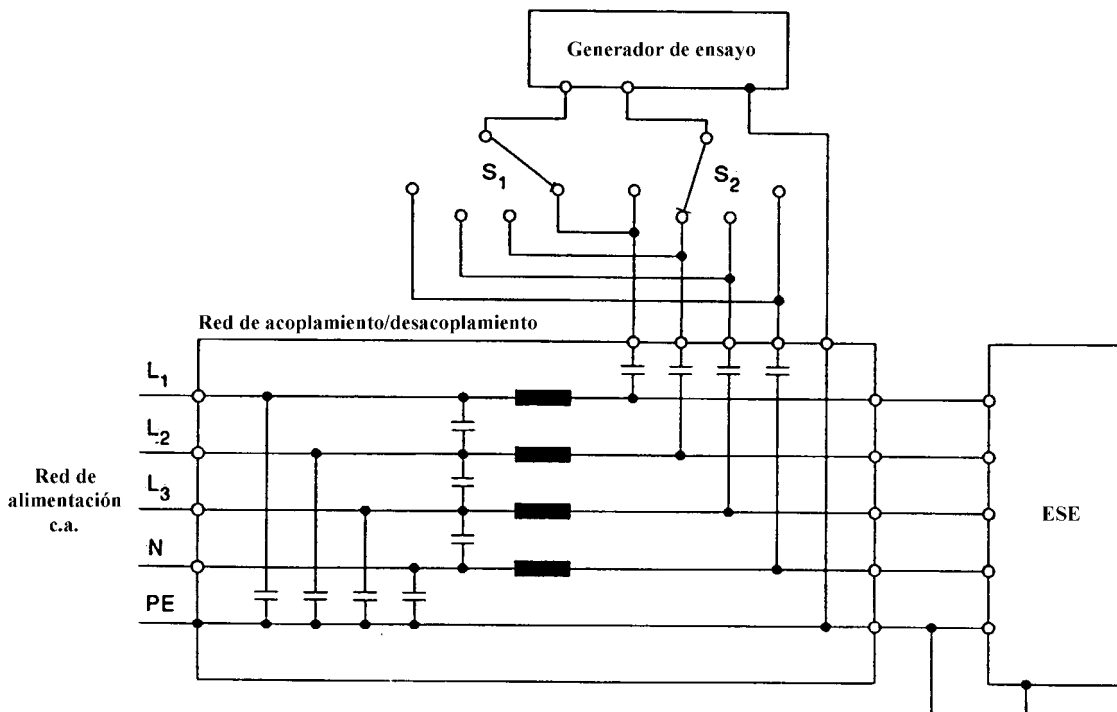


Fig. 12.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

Fig. 12 – Ensayo en modo diferencial de puertas de alimentación alterna trifásica

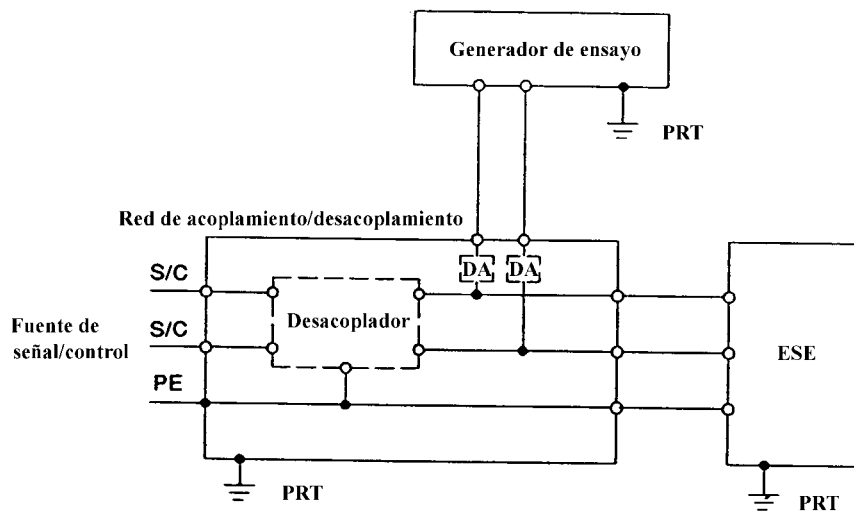


Fig. 13.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

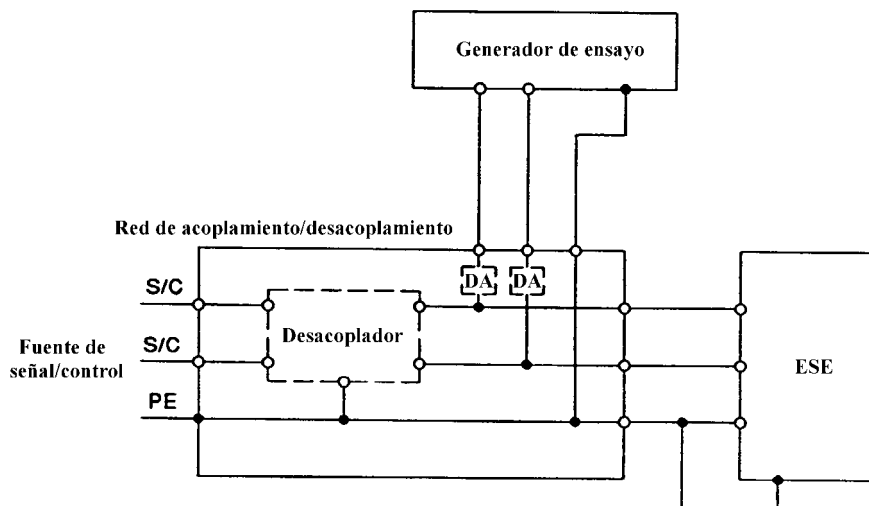


Fig. 13.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

DA: Dispositivos de acoplamiento. Para algunas aplicaciones, los condensadores de acoplamiento deberán reemplazarse por otros dispositivos de acoplamiento, tales como tubos de gas, diodos de avalancha de silicio, etc.

Fig. 13 – Ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un circuito único

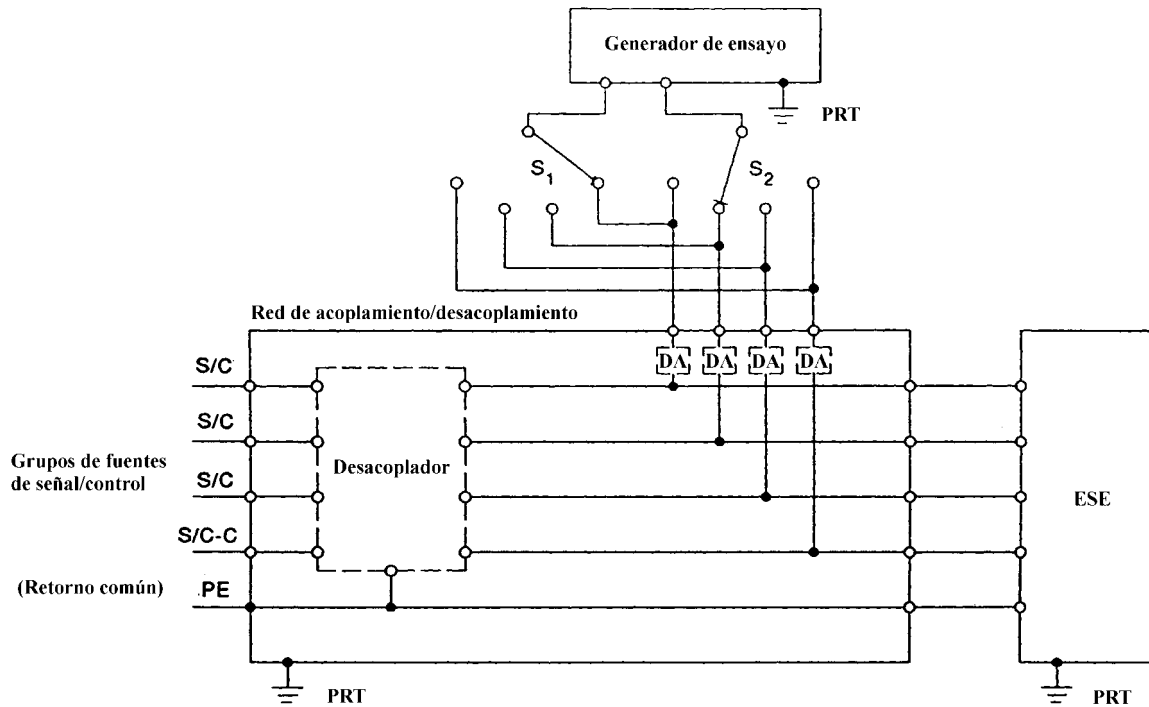


Fig. 14.a – Ensayo ejecutado sobre un plano de referencia a tierra (véase 7.1.1)

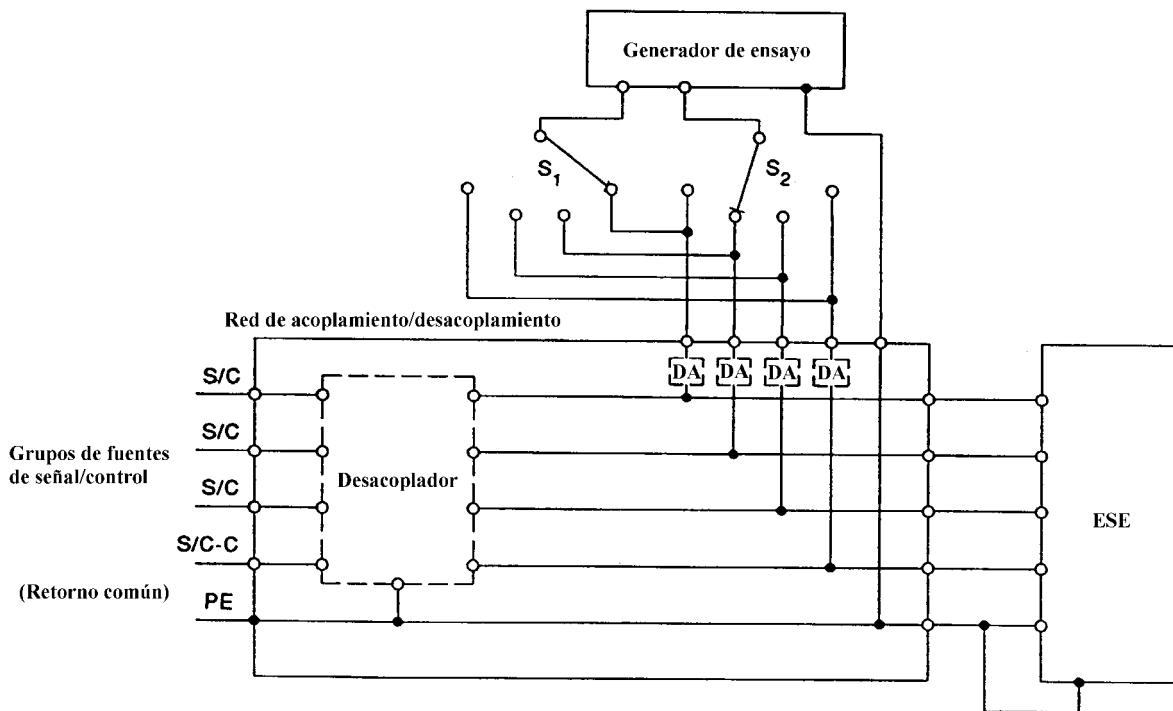
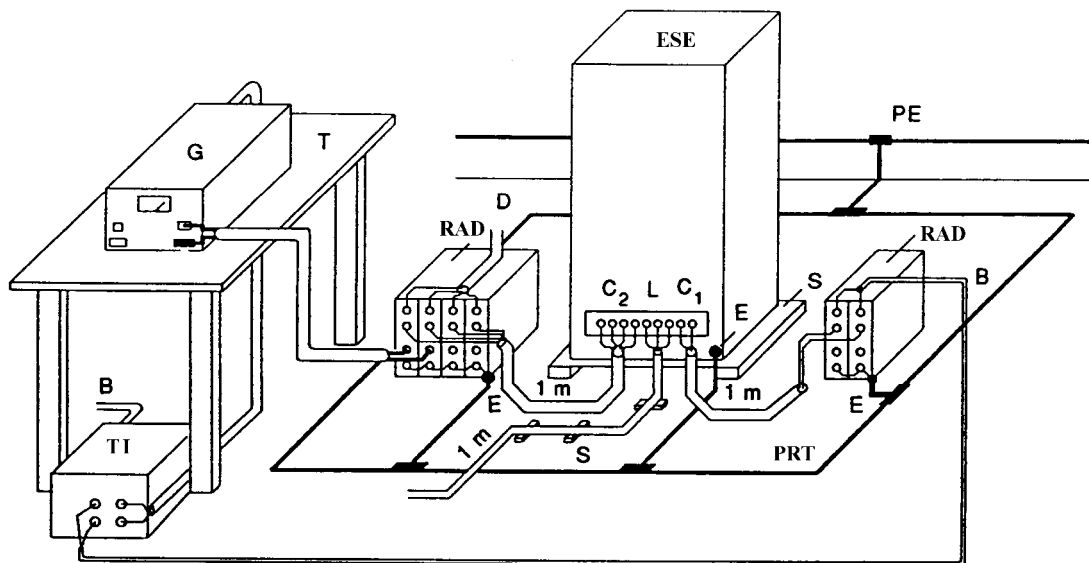


Fig. 14.b – Ensayo ejecutado con conexiones de tierra especificadas (véase 7.1.2)

DA: Dispositivos de acoplamiento. Para algunas aplicaciones, los condensadores de acoplamiento deberán reemplazarse por otros dispositivos de acoplamiento, tales como tubos de gas, diodos de avalancha de silicio, etc.

Fig. 14 – Ensayo en modo diferencial de puertas de entrada/salida para un grupo de circuitos con retorno común



NOTA – Las conexiones a tierra serán lo más cortas posible.

- | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| PE: tierra de protección | ESE: equipo sometido a ensayo |
| B: fuente de alimentación | G: generador de ensayo |
| C ₁ : bornes de alimentación | L: puerta de comunicación |
| C ₂ : bornes de entrada/salida | PRT: plano de referencia a tierra |
| D: fuente de señal/control | RAD: red de acoplamiento/desacoplamiento |
| E: conexión de tierra | S: soporte aislante |
| T: mesa aislante | TI: transformador de aislamiento |

Fig. 15 – Disposición para el ensayo en modo diferencial con salida del generador de ensayo no flotante

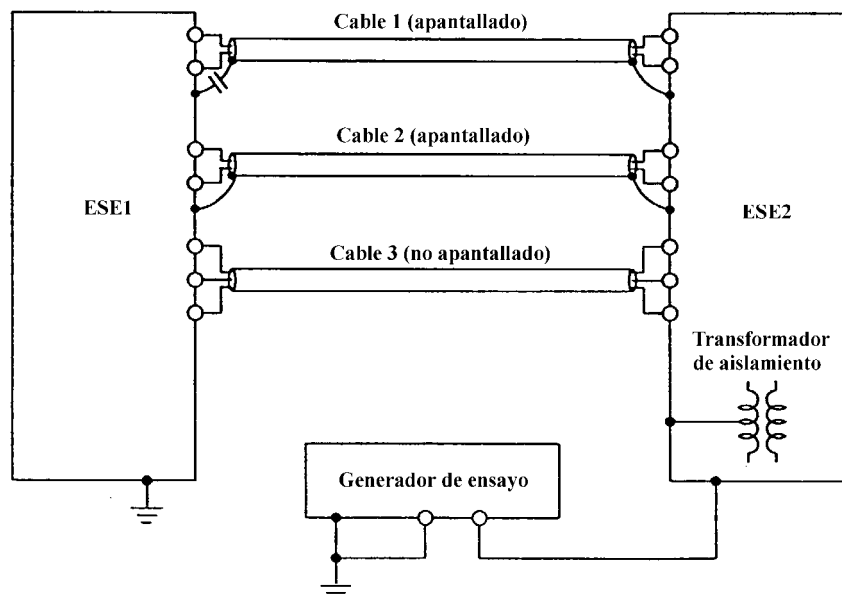


Fig. 16 – Ensayo de un sistema con puertas de comunicación para señales de operación rápidas (salida del generador a tierra)

ANEXO A (Informativo)

INFORMACIÓN DE LOS FENÓMENOS, SELECCIÓN DEL ENSAYO

A.1 Onda sinusoidal amortiguada

La onda sinusoidal amortiguada es un típico fenómeno transitorio oscilatorio, inducido en los cables de baja tensión debido a las maniobras en redes eléctricas y cargas reactivas, faltas y fallos de aislamiento en circuitos de alimentación o caída de rayos. Es, de hecho, el fenómeno más difuso que ocurre en las redes de energía (B.T., M.T. y A.T.), así como en líneas de control y señal.

La onda sinusoidal amortiguada es representativa de un amplio rango de entornos electromagnéticos en instalaciones residenciales e industriales; es válida para comprobar la inmunidad de los equipos con respecto al fenómeno mencionado anteriormente que da lugar a impulsos que se caracterizan por frentes de onda abruptos que, en ausencia de filtrado, están en el orden de 10 ns a una fracción de μs ; con una duración que puede variar desde 10 μs hasta 100 μs .

El tiempo de subida y la duración de los impulsos están sujetos a variación, dependiendo del medio y el camino de propagación.

La propagación del frente de onda en las líneas (potencia y señal) está sujeta siempre a reflexiones, debido a la no adaptación de la impedancia (las líneas terminan en sus propias cargas o conectadas a dispositivos de protección, filtros de entrada, etc.). Estas reflexiones producen oscilaciones, cuya frecuencia está relacionada con la velocidad de propagación. La presencia eventual de fenómenos parásitos (capacidad parásita de elementos como motores, devanados de transformadores, etc.) son otros factores condicionantes.

El tiempo de subida está generalmente sujeto a decrecimiento debido a la característica de paso-bajo de la línea en vuelta en la propagación; esta modificación es más relevante para los tiempos de subida rápidos (del orden de 10 ns), y menos relevante para valores en el rango de la fracción de μs .

El fenómeno resultante en las puertas de los equipos, que representan las situaciones más reales, como resultado de las investigaciones en diferentes tipos de instalaciones, es un transitorio oscilatorio definido por un tiempo de subida de 0,5 μs y una frecuencia de oscilación de 100 kHz.

Otra posible causa de la onda sinusoidal amortiguada, los rayos, se caracterizan por una forma de onda unidireccional (impulso normalizado de 1,2/50 μs). Los circuitos sometidos a su efecto indirecto (acoplamiento inductivo entre líneas) están fundamentalmente influenciados por la derivada del impulso inicial. El mecanismo de acoplamiento, a partir de su espectro de frecuencia inicial, da lugar a oscilaciones, cuya característica depende de los parámetros reactivos de los circuitos de tierra, en las estructuras metálicas envueltas en la propagación del rayo, además de la propagación en las líneas de baja tensión involucradas.

Con respecto al fenómeno primario aquí considerado que genera la onda sinusoidal amortiguada, hay otras normas CEI que hacen referencia al impulso normalizado de 1,2/50 μs ; los ensayos con un generador de baja impedancia y los ensayos con el impulso normalizado pueden considerarse complementarios uno de otro.

Será responsabilidad de los Comités de productos el definir el ensayo más adecuado, de acuerdo con el fenómeno que se considere relevante.

Parámetros relevantes para los ensayos

a) *Frecuencia de repetición*

La frecuencia de repetición del transitorio está directamente relacionada con la frecuencia de aparición del fenómeno primario; siendo mayor cuando la causa primera es la maniobra en las cargas en las líneas de control, y menos frecuente en el caso de fallos y rayos; la aparición puede variar entre 1/s hasta 1/mes o 1/año.

Para los requerimientos del ensayo, sin tener en cuenta los posibles límites aplicables al equipo sometido a ensayo, una frecuencia de repetición del orden de 1/s puede considerarse conservativa respecto al fenómeno de las maniobras que tiene una alta probabilidad de aparición.

La frecuencia de repetición puede incrementarse para reducir la duración del ensayo; sin embargo, debería seleccionarse de acuerdo a las características de las protecciones contra transitorios utilizadas en el ensayo, dadas en las especificaciones del equipo.

b) *Ángulo de fase*

Los fallos en el equipo relacionados con la onda sinusoidal amortiguada presente en las fuentes de alimentación puede depender del ángulo de fase de la tensión alterna sinusoidal a la que se aplican los transitorios. Cuando en un elemento de protección salta una chispa durante un ensayo con una onda sinusoidal amortiguada puede verse acompañado de una corriente de descarga. La corriente de descarga va desde la fuente de alimentación que fluye a través del elemento de protección, o desde un descargador en el ESE, durante y después del paso de la corriente de descarga del ensayo.

En los semiconductores el fenómeno aparece relacionado al estado de conducción de los dispositivos semiconductores del ESE cuando tiene lugar la onda sinusoidal amortiguada. Los parámetros de los semiconductores que pueden tenerse en cuenta incluyen las características de recuperación directa e inversa y las condiciones de funcionamiento en un choque dieléctrico secundario.

Los componentes más expuestos al fallo relacionadas con los desfases son los semiconductores en los circuitos de entrada de alimentación. Otros componentes, en otras áreas del ESE, pueden presentar el mismo tipo de defectos si son atravesados por la totalidad o una parte de los transitorios procedentes de los circuitos de entrada.

c) *Inversión de la polaridad*

La sensibilidad de los semiconductores a los parámetros temporales y a la polaridad de un transitorio es una de las razones por las que se selecciona una onda oscilatoria para representar el entorno; siendo más fácil provocar fallos indebidos en el semiconductor que con una onda unidireccional.

Se ha investigado la perforación de los semiconductores bajo varias condiciones de carga y la aplicación de sobretensiones transitorias.

Los resultados están relacionados con el efecto de la inversión de la polaridad transitoria en diodos 1N679. La onda sinusoidal amortiguada ha sido aplicada al diodo en la cresta de la tensión inversa midiéndose una tensión de ruptura dieléctrica media de 1 800 V. La aplicación de la onda sinusoidal amortiguada a 30° y 90° después del arranque de la conducción provoca una reducción de la tensión de ruptura dieléctrica media de alrededor del 33% y 50% respectivamente.

Las mismas investigaciones evidencian que la tensión inversa aplicada durante el período de conducción de la frecuencia de alimentación provoca menor tensión de ruptura dieléctrica que la aplicación del mismo transitorio sin carga o durante el bloqueo.

A.2 Onda oscilatoria amortiguada

Este fenómeno es representativo de las maniobras de seccionadores en subestaciones exteriores de M.T./A.T. y está relacionado particularmente con las maniobras en barras de A.T., así como perturbaciones de fondo en instalaciones industriales.

En subestaciones eléctricas, las operaciones de apertura y cierre de seccionadores de A.T. dan lugar a la aparición de frentes de onda transitorios, con tiempos del orden de decenas de nanosegundos.

La evolución del frente de onda de la tensión está marcada por las reflexiones debidas a los desequilibrios de las impedancias características de los circuitos de A.T. involucrados. La tensión y la corriente transitoria resultantes en las barras de A.T. se caracterizan por una frecuencia fundamental de oscilación que depende de la longitud del circuito y el tiempo de propagación.

La frecuencia de oscilación varía desde 100 kHz a algunos MHz para subestaciones exteriores, en función de los parámetros mencionados y la longitud de las barras, que pueden variar desde algunas decenas de metros a cientos de metros (hasta 400 m).

Una frecuencia de oscilación de 1 MHz puede considerarse como representativa de la mayor parte de las situaciones, a excepción de las grandes subestaciones de A.T., en las que una frecuencia de 100 kHz es preferible.

La frecuencia de repetición es variable entre algunos hercios y algunos kilohercios, dependiendo de la distancia de los contactos de maniobra; es decir, con contactos próximos hay una frecuencia de repetición alta, mientras que para distancias entre contactos próximas a la de extinción del arco, la mínima frecuencia de repetición, en cada fase, es el doble de la frecuencia de alimentación (100/s por fase a 50 H y 120/s por fase en sistemas de A.T. de 60 Hz).

Las frecuencias de repetición seleccionadas, 40/s y 400/s, representan un compromiso, teniendo en cuenta las diferentes duraciones del fenómeno, las diferentes frecuencias consideradas y la problemática a la que están sometidos los circuitos de energía ensayados.

En plantas industriales, los transitorios de maniobra y la inyección de corrientes de impulso en el sistema de potencia (redes y materiales eléctricos) pueden crear los transitorios oscilatorios repetitivos.

La respuesta local de estos órganos se sitúa en una banda de frecuencia bien cubierta por el tiempo de subida y la frecuencia fundamental de la onda sinusoidal amortiguada seleccionada para el ensayo.

A.3 Selección del ensayo

La selección de la forma de onda del ensayo, *onda sinusoidal amortiguada* u *onda oscilatoria amortiguada*, debería estar relacionada con las perturbaciones que determinan el entorno electromagnético de la instalación.

El ensayo con la onda sinusoidal amortiguada simula los transitorios no repetitivos con una baja frecuencia de aparición y repetición; este ensayo da por consiguiente la posibilidad de verificar el funcionamiento de la interfase entre las puertas del ESE y el entorno, pero limita la capacidad de detectar las interferencias en el equipo.

El ensayo con la onda oscilatoria amortiguada simula los transitorios oscilatorios repetitivos con un rango suficiente para tener en cuenta el entorno industrial, facilitando la detección de interferencias del ESE en diferentes condiciones de operación.

Este ensayo debería por tanto ser preferible en casos apropiados (equipos en instalaciones de A.T.) o cuando se dé alta prioridad a la fiabilidad del equipo en cuestión.

ANEXO B (Informativo)
SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO

Los niveles de ensayo se seleccionarán de acuerdo con las condiciones más reales de la instalación y el entorno. Estos niveles se describen en el capítulo 5 de esta norma.

Los ensayos de inmunidad se aplican en función de los niveles de ensayo con el fin de definir un nivel de funcionamiento correspondiente al entorno en el que se espera que funcione el equipo, teniendo en cuenta el fenómeno primario y las prácticas de la instalación que determinan las clases de entorno electromagnético.

B.1 Onda sinusoidal amortiguada

La selección de los niveles de ensayo debería hacerse en base al fenómeno considerado, para una localización o instalación dada, para una o ambas causas consideradas en esta norma: la *maniobra* de circuitos de potencia y/o circuitos de control y el efecto indirecto del *rayo*.

La relevancia del fenómeno puede determinar el nivel de ensayo más adecuado seleccionado en base a la siguiente guía.

Nivel 1

- Maniobra: – puerta de alimentación conectada a una fuente local de alimentación protegida (sistema de alimentación ininterrumpida, convertidor de potencia);
- puertas de entrada/salida conectadas a cables que discurren en paralelo con cables de potencia de la clase de protección considerada.
- Rayo: – alimentación, puertas de entrada/salidas de equipos en salas de control.

Nivel 2

- Maniobra: – puerta de alimentación conectada directamente al sistema de distribución del área residencial;
- puerta de alimentación de equipos en plantas eléctricas e industriales, desacoplados del sistema de distribución de alimentación principal mediante transformadores de aislamiento, dispositivos de protección, etc.;
 - puertas de entrada/salida conectadas a cables que discurren en paralelo con cables de potencia de la clase de protección considerada.
- Rayo: – alimentación, puertas de entrada/salida conectadas a cables apantallados.

Nivel 3

- Maniobra: – puerta de alimentación conectada al sistema de distribución de alimentación en instalaciones eléctricas e industriales;
- puertas de entrada/salida conectadas a cables que discurren en paralelo con cables de potencia de la clase de protección considerada.

- Rayo: – puerta de alimentación conectadas a cables no apantallados.
- alimentación, puertas de entrada/salida conectadas a cables de exterior con dispositivos de apantallamiento (por ejemplo, guías metálicas para cables).

Nivel 4

- Maniobra: – puerta de alimentación conectada a una fuente de alimentación caracterizada por fuertes cargas inductivas en instalaciones eléctricas e industriales;
- puertas de entrada/salida conectadas a cables que discurren en paralelo con cables de potencia de la clase de protección considerada.
- Rayo: – alimentación, puertas de entradas/salidas conectadas a cables de exterior no blindados.

Nivel x: Situaciones particulares a analizar individualmente.

B.2 Onda oscilatoria amortiguada

Es conveniente elegir los niveles de ensayo en función de la exposición al fenómeno primario de los cables que discurren en la instalación.

Las instalaciones a las cuales esta selección de niveles es aplicable son principalmente las subestaciones de alta tensión, así como las instalaciones industriales provistas de su propia planta eléctrica (subestaciones transformadoras).

En las plantas eléctricas de alta tensión, el grado de longitud y paralelismo de los cables con las barras, el nivel de tensión, el apantallamiento y la puesta a tierra determinarán los niveles de las tensiones inducidas.

Para reducir al máximo estas variables, y teniendo en cuenta que el equipo dedicado a este tipo de instalación se utiliza en un amplio rango de tensiones de operación en las plantas (por ejemplo, desde 150 kV hasta 800 kV), la definición del nivel de ensayo se hace considerando fundamentalmente el equipo interconectado, su localización, la calidad del apantallamiento del cable y del modo de puesta a tierra.

Basándose en las prácticas de instalación habituales, que prevén el uso de cables apantallados con la malla puesta a tierra en los dos extremos a la red de tierra, las selecciones recomendadas de niveles de tensión de ensayo para las ondas oscilatorias amortiguadas a las puertas de conexión de los equipos son los siguientes:

Nivel 1: Puertas conectadas a cables que discurren por el área limitada de la sala de control.

Nivel 2: Puertas conectadas a cables de los equipos de la sala de control y casetas de relés. El equipo considerado está instalado en el edificio de control y en casetas de relés.

Nivel 3: Puertas conectadas a equipos instalados en casetas de relés. El equipo considerado es el instalado en casetas de relés. Para este equipo el nivel 3 asume el valor de 2,5 kV.

Nivel 4: No aplicable para equipo destinado al uso en subestaciones eléctricas, especialmente de A.T. Cuando este nivel sea necesario, se adoptarán las medidas de atenuación necesarias.

Nivel x: Situaciones particulares a analizar individualmente.

ANEXO C (Informativo)**IMPEDANCIA DE LOS GENERADORES DE ENSAYO**

La impedancia de los generadores de ensayo deberá corresponder, con suficiente aproximación, a los valores de impedancia al final de la línea (alimentación, señal y control, comunicación) hacia la fuente de perturbación; siendo este concepto válido tanto para impedancia en modo común como modo diferencial.

La impedancia de una línea depende, sin embargo, de muchos factores (por ejemplo, del tipo de cables), incluyendo el espectro de frecuencias de las perturbaciones y la longitud de la línea, que varía en función del tipo de instalación, dando lugar a la aparición de un rango de valores que hacen difícil establecer un valor único para todos los casos.

En ésta materia, la Norma CEI 816 da información relativa a líneas eléctricas, aplicable también a circuitos de señal; dando un esquema (véase figura 5) con los valores medidos de impedancia (valores máximos, medios y mínimos) de las líneas en los Estados Unidos de América y Europa, en el rango de frecuencia de 20 kHz a 30 MHz. Las medidas se efectuaron entre fase y el conductor de protección (circuitos eléctricos de baja tensión).

Los transitorios oscilatorios considerados en esta norma tienen una frecuencia en un rango de decenas de kHz a varios cientos de kHz por la onda sinusoidal amortiguada, y hasta 5 MHz para la onda oscilatoria amortiguada.

Para el rango de frecuencia de 100 kHz - 5 MHz, la Norma CEI 816 da los siguientes valores medios:

- 10 Ω a 30 Ω a 100 kHz;
- alrededor de 80 Ω a 1 MHz;
- 100 Ω a 150 Ω a 10 MHz.

Esta norma básica considera los principales parámetros involucrados, incluyendo el tiempo de subida de una perturbación, longitud del cable y por tanto la impedancia característica del cable.

La información del criterio adoptado para la selección de los generadores de ensayo se da a continuación.

Las mejoras en la selección de la impedancia de salida de los generadores de ensayo son posibles, pudiéndose llegar en el futuro a la solución de la adopción de un valor único de impedancia, como por ejemplo, un valor de 50 Ω . Este valor puede cubrir la necesidad de tener una red de acoplamiento normalizada válida para ensayar diferentes perturbaciones conducidas, para eliminar la evaluación complicada de las condiciones de instalación para la selección de diferentes impedancias en los generadores de ensayo y para la mayor parte de los casos en los que la elección no es tan relevante.

C.1 Onda sinusoidal amortiguada

Se han seleccionado dos valores de impedancia para el ensayo de las puertas de alimentación: 12 Ω y 30 Ω . Estos valores son aplicables, respectivamente, a ramas de circuitos de derivación cortas y largas, correspondientes a la distancia relativa de la fuente de alimentación desde la red de alimentación principal. Representan un compromiso técnico, porque incluyen la necesidad de ensayar puertas del ESE unidos normalmente con circuitos de baja impedancia, de acuerdo a los valores de la Norma CEI 816. Además, cubren los requisitos para ensayar los dispositivos de protección contra los transitorios, tales como varistores de óxido metálico, diodos Zener, etc., instalados en el ESE.

A este respecto, la corriente de cortocircuito del generador es válida para ensayos no destructivos, de acuerdo a su corriente y potencia asignadas.

Para el ensayo de las puertas de entradas/salidas, la selección de una impedancia de 200 Ω es un compromiso, que tiene en cuenta que la impedancia característica de los cables utilizados para este propósito (cables por pares) tiene un valor en el rango de 120 Ω a 150 Ω en el rango de frecuencia superior a 100 kHz y para una longitud del orden de 100 m.

En el estado de difusión de un ensayo similar –ensayo de la onda oscilatoria amortiguada– para el que la impedancia del generador es generalmente 200 Ω , no se ha considerado oportuna una modificación de las especificaciones del ensayo. De hecho, la aplicación de la tensión de ensayo a las puertas del ESE, que tienen impedancias del orden de cientos a miles de ohmios, con un generador de 200 Ω en lugar de uno de 120 Ω o 150 Ω , no presenta diferencia.

En el caso de ensayos de puertas de entradas/salidas con grupos de circuitos, provistos de dispositivos de protección contra transitorios, filtros, etc., la impedancia de 12 Ω a 30 Ω del generador de ensayo parece apropiada por las razones dadas para las puertas de alimentación, aplicables de acuerdo a las especificaciones del equipo.

C.2 Onda oscilatoria amortiguada

La impedancia de salida del generador de ensayo se ha fijado en 200 Ω , a pesar de ser la impedancia real de los cables (cables por pares) cercana a 150 Ω . La razón de seleccionar la impedancia de 200 Ω es para no modificar una práctica generalizada que involucra las especificaciones técnicas de una familia de equipos, con aplicaciones principalmente en subestaciones de alta tensión.

Adicionalmente, los cables en esta categoría de plantas eléctricas y plantas industriales son en su mayor parte de cientos de metros de longitud, y por tanto la impedancia de las conexiones en este campo es cercana a la impedancia característica de los cables, y no inferior.

ANEXO D (Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

CEI 816:1984 – *Guía de métodos de medida de transitorios de corta duración en líneas de potencia y señal de baja tensión.* [UNE 20866 INF:1995]

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 Norma Internacional como consecuencia de las modificaciones comunes del CENELEC, con la indicación (mod), debe tenerse en cuenta la EN/HD apropiada.

Norma CEI	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente¹⁾
50-161	1990	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética			UNE 21302-161:1992
68-1	1988	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía	EN 60068-1 ²⁾	1994	UNE-EN 60068-1:1997
1010-1 (mod)	1990	Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales	EN 61010-1 ³⁾	1993	UNE-EN 61010-1:1996

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

2) La EN 60068-1 comprende el corrigendum octubre 1988 y el A1:1992 a la Norma CEI 68-1.

3) La EN 61010-1 comprende el A1:1992 a la Norma CEI 1010-1.

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