

Marzo 2003

### TÍTULO

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**

**Parte 4-25: Técnicas de ensayo y de medida**

**Métodos de ensayos de inmunidad al IEMN-GA para los equipos y sistemas**

*Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-25: Testing and measurement techniques. HEMP immunity test methods for equipment and systems.*

*Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4-25: Techniques d'essai et de mesure. Méthodes d'essai d'immunité à l'IEMN-HA des appareils et des systèmes.*

### CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-25 de marzo de 2002, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 61000-4-25:2001.

### OBSERVACIONES

### ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 208 *Compatibilidad Electromagnética* cuya Secretaría desempeña UNESA.



ICS 33.100.99

Versión en español

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 4-25: Técnicas de ensayo y de medida**  
**Métodos de ensayos de inmunidad al IEMN-GA para los equipos y sistemas**  
(CEI 61000-4-25:2001)

**Electromagnetic compatibility (EMC).**  
**Part 4-25: Testing and measurement**  
**techniques. HEMP immunity test methods**  
**for equipment and systems.**  
(IEC 61000-4-25:2001).

**Compatibilité électromagnétique (CEM).**  
**Partie 4-25: Techniques d'essai et de**  
**mesure. Méthodes d'essai d'immunité à**  
**l'IEMN-HA des appareils et des systèmes.**  
(CEI 61000-4-25:2001).

**Elektromagnetische Verträglichkeit**  
**(EMV). Teil 4-25: Prüf- und**  
**Messverfahren. Prüfung der Störfestigkeit**  
**von Einrichtungen und Systemen gegen**  
**HEMP-Störgrößen.**  
(IEC 61000-4-25:2001).

Esta norma europea ha sido aprobada por CENELEC el 2002-03-05. 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 normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, 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**

© 2002 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

### ANTECEDENTES

El texto del documento 77C/113/FDIS, futura edición 1 de la Norma Internacional CEI 61000-4-25, preparado por el Subcomité SC 77C, *Fenómenos transitorios de gran intensidad*, del Comité Técnico TC 77, *Compatibilidad electromagnética*, de CEI, fue sometido a voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como Norma Europea EN 61000-4-25 el 2002-03-05.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la norma europea debe adoptarse a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop) 2002-12-01
- Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con esta norma (dow) 2005-03-01

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

Los anexos denominados “informativos” se dan sólo para información.

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

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

### DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 61000-4-25:2001 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

ÍNDICE

	Página
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>2 NORMAS PARA CONSULTA.....</b>	<b>8</b>
<b>3 DEFINICIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>4 GENERALIDADES.....</b>	<b>12</b>
<b>5 ENSAYOS DE INMUNIDAD Y NIVELES DE ENSAYOS DE INMUNIDAD .....</b>	<b>12</b>
5.1 <b>Introducción .....</b>	<b>12</b>
5.2 <b>Ensayos de inmunidad.....</b>	<b>12</b>
5.3 <b>Niveles de los ensayos de inmunidad .....</b>	<b>13</b>
5.4 <b>Ensayos de perturbaciones radiadas .....</b>	<b>13</b>
5.4.1 <b>Niveles de los ensayos de perturbaciones radiadas .....</b>	<b>13</b>
5.4.2 <b>Especificaciones de los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas.....</b>	<b>13</b>
5.4.3 <b>Instalaciones de ensayo de pequeña dimensión a las radiaciones .....</b>	<b>14</b>
5.4.4 <b>Simuladores IEMN-GA de gran tamaño .....</b>	<b>15</b>
5.4.5 <b>Requisitos para el espectro en el dominio de frecuencias .....</b>	<b>16</b>
5.5 <b>Ensayos de perturbaciones conducidas .....</b>	<b>17</b>
5.5.1 <b>Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas.....</b>	<b>17</b>
5.5.2 <b>Especificaciones de los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas .....</b>	<b>20</b>
<b>6 EQUIPO SOMETIDO A ENSAYO .....</b>	<b>21</b>
6.1 <b>Ensayos de campos radiados.....</b>	<b>21</b>
6.1.1 <b>Generador de campo radiado .....</b>	<b>21</b>
6.1.2 <b>Instrumentación .....</b>	<b>21</b>
6.2 <b>Ensayos de perturbaciones conducidas.....</b>	<b>22</b>
6.2.1 <b>Generador de ensayo .....</b>	<b>22</b>
6.2.2 <b>Instrumentación .....</b>	<b>24</b>
<b>7 CONFIGURACION DE ENSAYO .....</b>	<b>24</b>
7.1 <b>Ensayo a las perturbaciones radiadas.....</b>	<b>24</b>
7.2 <b>Ensayo a las perturbaciones conducidas.....</b>	<b>24</b>
<b>8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO .....</b>	<b>25</b>
8.1 <b>Condiciones climáticas.....</b>	<b>25</b>
8.2 <b>Nivel de ensayo de inmunidad y exposiciones de ensayo .....</b>	<b>26</b>
8.3 <b>Procedimientos de ensayo de las perturbaciones radiadas.....</b>	<b>26</b>
8.3.1 <b>Mediciones de los parámetros de ensayo .....</b>	<b>26</b>
8.3.2 <b>Procedimiento de ensayo de las perturbaciones radiadas .....</b>	<b>26</b>
8.4 <b>Procedimiento de ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas.....</b>	<b>28</b>
8.5 <b>Ejecución del ensayo .....</b>	<b>28</b>
8.5.1 <b>Ejecución del ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas.....</b>	<b>28</b>
8.5.2 <b>Ejecución del ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas .....</b>	<b>29</b>
<b>9 RESULTADOS E INFORMES DEL ENSAYO.....</b>	<b>29</b>

<b>ANEXO A (Informativo) NOTAS EXPLICATIVAS RELATIVAS A LOS NIVELES DE ENSAYOS DE INMUNIDAD .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO B (Informativo) ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS PERTURBACIONES CONDUCCIDAS APLICABLES A LAS ANTENAS.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO C (Informativo) ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS PERTURBACIONES CONDUCCIDAS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO D (Normativo) ENSAYO DE ONDA OSCILATORIA AMORTIGUADA .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 1 – Amplitud en el dominio de frecuencias entre 100 kHz y 300 MHz .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura C.1 – Esquema funcional para los ensayos de inmunidad EC10 Y EC11 .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura C.2 – Ejemplo de esquema del circuito simplificado de un generador de transitorios rápidos/en ráfagas.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura C.3 – Forma de onda de un impulso EC10 con una carga de 50 <math>\Omega</math>.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura C.4 – Ejemplo de UN generador EC11 (véase el capítulo C.1 para los detalles) .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura C.5 – Forma de onda de un impulso EC11 con una carga de 50 <math>\Omega</math>.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura C.6 – Esquema funcional simplificado para los niveles de ensayos de inmunidad LC...</b>	<b>44</b>
<b>Figura C.7 – Forma de onda de impulso lento LC.....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 1 – Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas definidas en esta norma.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2 – Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas iniciales .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3 – Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas intermedias.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 4 – Niveles de ensayos de inmunidad para entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA finales.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 5 – Ensayos para los efectos de los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas finales para los accesos en corriente alterna de baja tensión.....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 6 – Especificaciones para el ensayo de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla A.1 – Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla A.2 – Entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales en modo común .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla A.3 – Entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales en los circuitos de BT (circuitos de baja tensión hasta 1 000 V) .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla A.4 – Entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA iniciales .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla A.5 – Niveles de ensayo de entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA iniciales para los circuitos de BT (circuitos de baja tensión hasta 1 000 V) .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla A.6 – Ejemplo de niveles de ensayo de perturbaciones IEMN-GA iniciales para diferentes aplicaciones.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla D.1 – Procedimiento de ensayo número 3.8 de la Norma ISO 7137.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla D.2 – Ensayo de inyección de corriente VG .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla D.3 – MIL-STD-461-E.....</b>	<b>46</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Esta norma forma parte de la serie de Normas CEI 61000, según la estructura siguiente:

### **Parte 1: Generalidades**

Consideraciones generales (introducción, principios básicos)

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 están bajo la responsabilidad de los comités de producto)

### **Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida**

Técnicas de medida

Técnicas de ensayo

### **Parte 5: Guías de instalación y de atenuación**

Guías de instalación

Métodos y dispositivos de atenuación

### **Parte 6: Normas genéricas**

### **Parte 9: Varios**

Cada parte está a su vez subdividida en varias partes, publicadas bien como normas internacionales, especificaciones técnicas o informes técnicos, algunas de las cuales han sido publicadas como secciones. Otras serán publicadas con el número de la parte seguido de un guión y completado de una segunda cifra que identifica la sección (ejemplo: 61000-6-1).

**Compatibilidad electromagnética (CEM)**  
**Parte 4-25: Técnicas de ensayo y de medida**  
**Métodos de ensayos de inmunidad al IEMN-GA para los equipos y sistemas**

## **1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta parte de la Norma CEI 61000 describe los niveles de ensayos de inmunidad y los correspondientes métodos de ensayo que se aplican a equipos y sistemas eléctricos y electrónicos expuestos al entorno de los impulsos electromagnéticos nucleares de gran altitud (IEMN-GA). Se define la gama de niveles de ensayos de inmunidad así como los procedimientos de ensayo. Esta norma define también las especificaciones de equipos y la configuración, procedimientos, criterios de aceptación o rechazo y requisitos para la documentación del ensayo. Estos ensayos están destinados a demostrar la inmunidad de los equipos eléctricos y electrónicos a las perturbaciones electromagnéticas IEMN-GA radiadas y conducidas. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas, esta norma define las especificaciones para las instalaciones de ensayo de pequeña dimensión y los simuladores IEMN-GA de gran tamaño.

Esta parte de la Norma CEI 61000 define las especificaciones para los ensayos de inmunidad en laboratorio. Especifica también ensayos in situ para verificar la inmunidad de los equipos una vez instalados. Estos ensayos utilizan las mismas especificaciones que los ensayos en laboratorio, salvo en lo que respecta a los aspectos climáticos del entorno.

El objetivo de esta parte de la Norma CEI 61000 es establecer una base común y reproducible para la evaluación del comportamiento de los equipos eléctricos y electrónicos, cuando están sometidos al entorno de las perturbaciones radiadas IEMN-GA así como transitorios conducidos asociados a las redes de alimentación eléctrica, antenas, señales de entrada/salida (E/S) y líneas de servicio.

## **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 y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

CEI 60050-161 – *Vocabulario Electrotécnico (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.*

CEI 60038 – *Tensiones normales de CEI.*

CEI 60068-1:1988 – *Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía.*

CEI 61000-2-5 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-5: Entorno. Clasificación de los entornos electromagnéticos. Norma básica de CEM.*

CEI 61000-2-9 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-9: Entorno. Descripción del entorno IEMN-GA. Perturbaciones radiadas. Norma básica de CEM.*

CEI 61000-2-10 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-10: Entorno. Descripción del entorno IEMN-GA. Perturbaciones conducidas.*

CEI 61000-2-11 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-11: Entorno. Clasificación del entorno IEMN-GA. Norma básica de CEM.*

CEI 61000-4-4 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-4: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas. Norma básica de CEM.*



CEI 61000-4-5 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas de choque.*

CEI 61000-4-11 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-11: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión.*

CEI 61000-4-12 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-12: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas oscilatorias.*

CEI 61000-4-13<sup>1)</sup> – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-13: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los armónicos, interarmónicos, que incluyen las señales transmitidas en la red eléctrica alterna. Norma básica de CEM.*

CEI 61000-4-20 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-20: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de emisión e inmunidad de guías de ondas (TEM).*

CEI 61000-5-3 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 5: Guías de instalación y de atenuación. Sección 3: Conceptos de protección IEMN-GA.*

CEI 61000-5-4 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 5: Guías de instalación y de atenuación. Sección 4: Dispositivos de protección contra las perturbaciones radiadas IEMN-GA. Norma básica de CEM.*

CEI 61024-1 – *Protección de las estructuras contra el rayo. Primera parte: Principios generales.*

ISO 7137 – *Aeronáutica. Condiciones ambientales y procedimientos de ensayo para los equipos embarcados.*

### 3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta parte de la Norma CEI 61000 se aplican las siguientes definiciones.

**3.1 nivel de compatibilidad:** Nivel de perturbación electromagnética utilizado como nivel de referencia para asegurar la coordinación del establecimiento de los límites de emisión y de inmunidad.

[VEI 161-03-10]

**3.2 acoplamiento (IEMN-GA):** Interacción entre los campos electromagnéticos y un sistema para producir las corrientes y tensiones en las superficies y cables del sistema.

**3.3 pinza de acoplamiento:** Dispositivo de dimensiones y características definidas para el acoplamiento en modo común de la señal de perturbación en el circuito de ensayo sin conexión galvánica con él mismo.

**3.4 red de acoplamiento:** Circuito eléctrico para la transferencia de energía de un circuito a otro.

**3.5 red de desconexión:** Circuito eléctrico destinado a impedir que las sobretensiones aplicadas al equipo sometido a ensayo no perturben otros dispositivos, equipos o sistemas, que no están sometidos a ensayo.

**3.6 degradación (de funcionamiento):** Separación no deseada de las características de funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema respecto a sus características esperadas.

NOTA – El término “degradación” puede ser un defecto de funcionamiento temporal o permanente.

[VEI 161-01-19]

---

1) En preparación.

**3.7 perturbación electromagnética:** Fenómeno electromagnético que puede degradar el de funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema.

[VEI 161-01-05, modificada]

**3.8 interferencia electromagnética:** Degradación del funcionamiento de un equipo, canal de transmisión o sistema debida a una perturbación electromagnética.

[VEI 161-01-06]

**3.9 susceptibilidad (electromagnética):** Inaptitud de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar sin degradación de calidad en presencia de una perturbación electromagnética.

NOTA – La susceptibilidad es una falta de inmunidad.

[VEI 161-01-21]

**3.10 ESE (equipo sometido a ensayo):** Equipo sometido a ensayo, que puede estar constituido por una sola unidad o por unidades múltiples interconectadas por cables, enlaces de datos, etc.

NOTA – Las unidades múltiples interconectadas por cables, etc. se denominan también “sistema” [véase el apartado 3.27 siguiente].

**3.11 transformada rápida de Fourier, FFT:** Procedimiento matemático para calcular rápidamente la transformación de Fourier directa o inversa de una señal temporal o de un espectro de frecuencia, respectivamente. Necesita  $2^m$  ( $m =$  entero) puntos de datos repartidos de igual manera en tiempo y frecuencia y necesita mucho menos tiempo de cálculo que una transformada de Fourier discreta normal (DFT).

**3.12 plano de suelo:** Superficie conductora plana cuya potencial se toma como referencia.

[VEI 161-04-36]

**3.13 línea de transmisión de alta tensión:** Línea de alimentación eléctrica con una tensión de red en corriente alterna nominal superior o igual a 100 kV.

**3.14 corriente de cortocircuito,  $I_{sc}$ :** Corriente resultante de una conexión anormal de resistencia relativamente débil entre dos puntos de diferente potencial en un circuito.

**3.15 inmunidad (a una perturbación):** Aptitud de un dispositivo, de un aparato o de un sistema para funcionar sin degradación de calidad en presencia de una perturbación electromagnética.

[VEI 161-01-20]

**3.16 nivel de inmunidad:** Nivel máximo de una perturbación electromagnética de forma dada que incide en un dispositivo, equipo o sistema particular, para el que éste permanece capaz de funcionar con la calidad deseada.

[VEI 161-03-14]

**3.17 nivel de ensayo de inmunidad:** Valor de la magnitud electromagnética de influencia específica para un ensayo de inmunidad.

NOTA – Se ha de observar que el texto de esta definición es idéntico al del nivel de severidad (véase el apartado 3.24). Una norma de ensayo puede especificar varios niveles de severidad en función de los diferentes niveles de inmunidad.

**3.18 simulador IEMN-GA de gran tamaño:** Instalación de ensayo del impulso electromagnético transitorio con un volumen de ensayo lo suficientemente grande para permitir los ensayos de objetos que tienen dimensiones en volumen superiores o iguales a  $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ .

**3.19 circuito de alimentación de BT (baja tensión):** Circuito de alimentación con una tensión nominal en corriente alterna comprendida entre 120 V y 1 000 V.

NOTA – Las tensiones normalizadas en este margen de tensiones se dan en la Norma CEI 60038.

**3.20 línea de transporte de MT (media tensión):** Línea de alimentación eléctrica con una tensión nominal en corriente alterna superior a 1 kV e inferior a 35 kV utilizada para transportar la corriente eléctrica dentro de una zona local.

NOTA – Las tensiones normalizadas en este margen de tensiones se dan en la Norma CEI 60038.

**3.21 punto de entrada; acceso de entrada; PdE:** Emplazamiento físico (punto/acceso) en una barrera electromagnética por el que la energía electromagnética puede entrar o salir en un volumen topológico salvo en presencia de un dispositivo de protección adecuado de PdE. Un PdE es más que un simple punto geométrico. Los PdE se clasifican en PdE de abertura o PdE conductores, en función del tipo de penetración. Se clasifican también en PdE arquitectónicos, mecánicos, estructurales o eléctricos, según el marco arquitectónico en el que se les encuentra más frecuentemente.

**3.22 ancho de impulso:** Duración del intervalo de tiempo entre los puntos sobre los frentes ascendente y descendente de un impulso para el que el valor instantáneo es igual al 50% de la amplitud de cresta del impulso.

**3.23 tiempo de subida (de un impulso):** Duración del intervalo de tiempo entre los instantes en los que el valor instantáneo de un impulso alcanza por primera vez los valores inferior y superior dados.

[VEI 161-02-05]

NOTA – En esta norma, el valor inferior se fija en el 10% del valor de cresta y el valor superior en el 90% del valor de cresta.

**3.24 nivel de severidad:** Valor de una magnitud electromagnética de influencia especificada para un ensayo de inmunidad.

NOTA – Se ha de observar que el texto de esta definición es idéntico al del nivel de ensayo de inmunidad (véase el apartado 3.17). Una norma de ensayo puede especificar varios niveles de severidad en función de los diferentes niveles de inmunidad.

**3.25 instalación de ensayo de radiaciones de pequeña dimensión:** Instalación de ensayo de laboratorio de impulsos electromagnéticos transitorios, tal como el de una celda TEM, con un volumen de ensayo lo suficientemente grande para someter a ensayos objetos de un volumen inferior a  $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ .

**3.26 dispositivo de protección contra las sobretensiones, SPD:** Dispositivo para suprimir las sobretensiones y las corrientes conducidas por las líneas.

NOTA – Véase, por ejemplo, los limitadores de sobretensiones definidos en la Norma CEI 61024-1.

**3.27 sistema:** Equipo múltiple o unidades eléctricas conectadas por cables, enlaces de datos, etc.

**3.28 volumen de ensayo:** Volumen en el que los campos electromagnéticos cumplen o sobrepasan los requisitos de intensidad y de uniformidad de campo.

**3.29 transitorio:** Se dice de un fenómeno o de una magnitud que varía entre dos regímenes permanentes consecutivos durante un intervalo de tiempo relativamente corto comparado con la escala del tiempo considerado.

[VEI 161-02-01]

**3.30 tensión en circuito abierto,  $V_{oc}$ :** Tensión entre dos puntos de un circuito en el que uno de los puntos fue creado abriendo o cerrando el circuito.

## 4 GENERALIDADES

El ensayo al impulso electromagnético nuclear de gran altitud se compone de dos partes principales: un ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas y uno a las perturbaciones conducidas. El ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas se realiza para verificar que el equipo sometido a ensayo es capaz de continuar funcionando cuando se expone a campos IEMN-GA *radiados*. Del mismo modo, el ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas se realiza para verificar que el equipo sometido a ensayo no es perturbado por los transitorios IEMN-GA *conducidos*. Estos transitorios corresponden a corrientes e impulsos de tensión en los conductores (hilos, cables) que se conectan al equipo sometido a ensayo. En general, los transitorios IEMN-GA conducidos e inducidos en las líneas de energía y de telecomunicación constituyen a menudo las amenazas más severas para los equipos. Los ensayos de inmunidad descritos en esta norma involucran tensiones peligrosas. Será necesario tomar precauciones en el campo de la alta tensión para proteger la salud y seguridad del personal encargado de los ensayos.

## 5 ENSAYOS DE INMUNIDAD Y NIVELES DE ENSAYOS DE INMUNIDAD

### 5.1 Introducción

Esta norma se ha establecido para especificar el ensayo de inmunidad de los equipos y sistemas eléctricos o electrónicos al IEMN-GA. El fin es permitir a los fabricantes calificar sus equipos con antelación en el transcurso del ciclo de diseño y utilizar al máximo los mismos ensayos CEI de inmunidad en laboratorio que los ya prescritos para otros propósitos de CEM.

### 5.2 Ensayos de inmunidad

Los ensayos de inmunidad a los IEMN-GA son de dos grandes tipos: los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas y a las perturbaciones conducidas. Para el propósito de esta norma, el término “equipo electrónico” designa un equipo que asegure una función específica. Éste podría ser un pequeño ordenador o un teléfono. Algunos equipos (por ejemplo, un ordenador conectado a los periféricos complementarios como paneles de control para monitorizar los procesos en una fábrica) pueden considerarse como elementos de un sistema más importante. A menudo, los equipos electrónicos son relativamente pequeños – del orden de  $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ , incluso menores. Se da por sabido que la mayor parte de los ensayos de equipos de tan pequeño tamaño se realizarán en laboratorios utilizando simuladores de inyección de corriente y celdas TEM.

Para los ensayos de IEMN-GA (y CEM), el tamaño puede constituir un factor determinante, en la medida en que puede ser difícil someter sistemas de gran tamaño a los ensayos, en particular a los campos radiados. En general, los ensayos de campos radiados en los sistemas y equipos de gran tamaño con dimensiones superiores a 1 m de lado necesitarán un simulador IEMN-GA de gran tamaño. Una particularidad de los ensayos IEMN-GA con relación a los demás tipos de ensayos de CEM es la existencia en el mundo de varios simuladores IEMN-GA de gran tamaño (~ 10 m de altura) para perturbaciones iniciales ( $t < 1\ \mu\text{s}$ ). Es posible exponer algunos sistemas y equipos de gran tamaño a los IEMN-GA iniciales reproduciendo los campos de impulsos eléctricos y magnéticos. Estos simuladores son también útiles para verificar que el equipo, diseñado para resistir a las perturbaciones IEMN-GA y sometidos a ensayos destinados a verificar esta sollicitación, funcionará correctamente cuando esté integrado en un sistema completo.

### 5.3 Niveles de los ensayos de inmunidad

Esta norma define las perturbaciones electromagnéticas representativas de las que podrían intervenir en los accesos de los equipos debido a un fenómeno nuclear de gran altitud. Estas perturbaciones electromagnéticas serán el resultado de entornos IEMN-GA radiados y conducidos, como los modificados por los elementos de protección eventuales. Estas perturbaciones electromagnéticas se describen en la Normas CEI 61000-2-9, CEI 61000-2-10 y CEI 61000-2-11. La justificación de los niveles de los ensayos de inmunidad y la reducción de las agresiones debidas a los elementos de protección y a los probables recebados se dan en el anexo A.

### 5.4 Ensayos de perturbaciones radiadas

**5.4.1 Niveles de los ensayos de perturbaciones radiadas.** Los niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas descritas a continuación sólo conciernen a los campos radiados iniciales. No se exigen ensayos de los campos IENM-GA intermedios y finales. En el anexo A se dan informaciones concernientes a la selección de los niveles de ensayo. Los valores de cresta del campo eléctrico inicial,  $E_{cresta}$ , para los niveles de ensayos de inmunidad seleccionados se dan en la tabla 1.

**Tabla 1**  
Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas definidas en esta norma

Nivel de ensayo de inmunidad	Ensayo necesario para equipos y sistemas con la protección siguiente <sup>a</sup>	Valor de cresta del campo E <sup>b</sup> $E_{cresta}$ (kV/m)
R1	Concepto 4	0,5
R2	Valor intermedio	1
R3	Valor intermedio	2
R4	Conceptos 2A, 2B, 3	5
R5	Valor intermedio	10
R6	Valor intermedio	20
R7	Conceptos 1A, 1B	50
RX	Aplicaciones especiales	X

<sup>a</sup> Los conceptos de protección se describen en la Norma CEI 61000-5-3.  
<sup>b</sup> De acuerdo con la Norma CEI 61000-2-11, tabla 2.

**5.4.2 Especificaciones de los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas.** En ausencia de un objeto en el simulador, el campo eléctrico dentro del volumen de ensayo es una onda asimilable a una onda cuasi plana, de doble exponencial descrita por una onda 2,5/25 ns, es decir, una onda unipolar con un tiempo de subida entre el 10% y el 90% de 2,5 ns y un ancho de impulso igual a 25 ns. Esta forma de onda se da por la ecuación siguiente:

$$E(t) = E_{cresta} \times k \times (e^{-\beta t} - e^{-\alpha t}) \quad \text{V/m} \quad (1)$$

donde

$$\alpha = 6,0 \times 10^8 \text{ s}^{-1}, \beta = 4,0 \times 10^7 \text{ s}^{-1};$$

$$k = 1,3;$$

$E_{cresta}$  es el valor de cresta del campo eléctrico, en voltios por metro;

NOTA –  $E_{cresta}$  es el nivel de ensayo de inmunidad seleccionado en la tabla 1.

$t$  es el tiempo, en segundos.

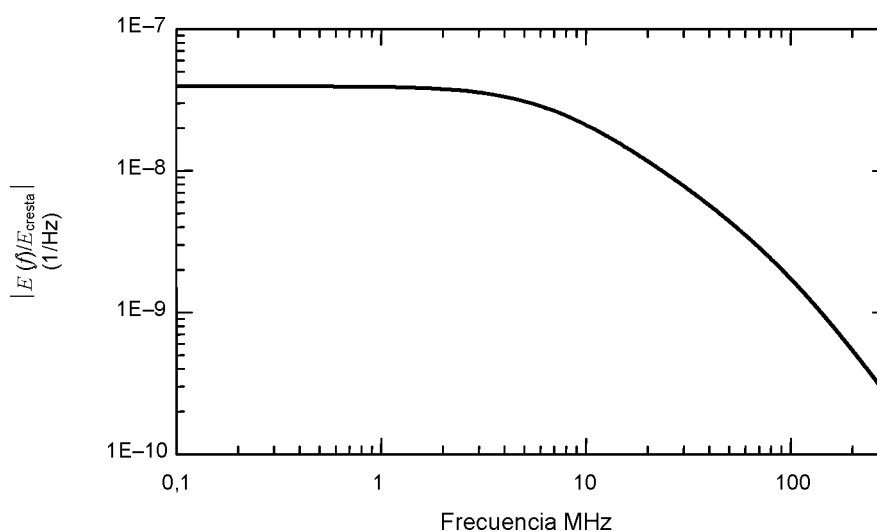
La amplitud del espectro en el dominio frecuencial para la ecuación (1) viene dada por:

$$|E(f)| = \frac{E_{\text{cresta}} \times k \times (\alpha - \beta)}{\sqrt{\left[ \left( (2\pi f)^2 + \alpha^2 \right) \left( (2\pi f)^2 + \beta^2 \right) \right]}} \quad (\text{V/m/Hz}) \quad (2)$$

donde

$f$  es la frecuencia, en hercios.

Para los parámetros de forma de onda indicados antes, la amplitud del espectro en el dominio de frecuencias de la ecuación (2) viene dada en la figura 1.



**Fig. 1 – Amplitud en el dominio de frecuencias entre 100 kHz y 300 MHz**

**5.4.3 Instalaciones de ensayo de pequeña dimensión a las radiaciones.** Las instalaciones de ensayo de pequeña dimensión pueden cumplir más fácilmente con las especificaciones de campo deseadas, con menores tolerancias de los parámetros de variación que los simuladores IEMN-GA de gran tamaño. Estas instalaciones de ensayo pequeñas serán utilizados esencialmente para ensayar equipos relativamente pequeños. Las tolerancias para la forma de onda de los impulsos IEMN-GA iniciales en el conjunto del volumen de ensayo de forma paralelepípeda del dispositivo pequeño deben ser de la manera siguiente:

- La relación de cresta del campo eléctrico al de cresta del campo magnético debe ser igual a  $377 \Omega \pm 50 \Omega$ .
- El tiempo de subida entre el 10% y el 90% del valor de cresta debe situarse en el margen comprendido entre 2,0 ns y 2,5 ns.
- El campo eléctrico se debe aumentar de manera continua durante el tiempo de subida entre el 10% y el 90%.
- El ancho del impulso (duración del intervalo de tiempo entre los puntos del 50% de  $E_{\text{cresta}}$  sobre los frentes ascendente y descendente de un impulso) debe situarse entre 25 ns y 30 ns.
- La amplitud de cualquier impulso previo en el campo eléctrico debe ser inferior o igual al 7% de la amplitud de cresta del campo.

- Las reflexiones del campo eléctrico que provienen de la resistencia de carga del simulador deben ser inferiores al 10%.
- Las fluctuaciones en el espectro de frecuencia alisado del campo eléctrico en el centro del volumen de ensayo (véase el apartado 5.4.5) no deben ser superiores a  $\pm 3$  dB con relación al espectro teórico dado por la ecuación (2) en el ancho de banda comprendida entre 100 kHz y 300 MHz.
- Cuando los campos simulados alcanzan su valor de cresta, los otros componentes electromagnéticos que no son componentes principales deben tener un valor inferior al 10% del valor de cresta del campo simulado.
- La cresta del campo eléctrico debe ser uniforme en el volumen de ensayo dentro de los criterios siguientes: la cresta del campo eléctrico dentro del volumen de ensayo debe situarse en el margen comprendido entre  $E_{\text{cresta}}$  y  $E_{\text{cresta}} + 6$  dB.
- Para evaluar las tolerancias de campo, deben realizarse las mediciones de campos eléctrico y magnético en el centro y en las ocho esquinas del volumen de ensayo en ausencia del equipo sometido a ensayo.

**5.4.4 Simuladores IEMN-GA de gran tamaño.** Los simuladores IEMN-GA de gran tamaño pueden utilizarse para ensayar los equipos grandes y los sistemas completos. Teniendo en cuenta la variedad de estos simuladores, existen grandes gamas con tiempos de subida, anchos de impulso y amplitudes de campos producidos por estos dispositivos. En consecuencia, los simuladores IEMN-GA de gran tamaño se dividen en dos tipos, en base a su comportamiento del campo radiado: los tipos I y II. Generalmente, los simuladores de tipo I aseguran un tiempo de subida y un ancho de impulso más cortos que los simuladores de tipo II. Es necesario un análisis previo a los ensayos con simuladores del tipo II, cuando no cumplan con las especificaciones de inmunidad a las perturbaciones radiadas dadas en el apartado 5.4.2.

Seguidamente a un IEMN-GA, la respuesta de un componente eléctrico de un sistema depende no sólo de la forma del impulso (o del espectro del dominio de frecuencias), sino también del mecanismo de acoplamiento y de penetración que las señales IEMN-GA utilizan propagándose desde las partes externas del sistema hacia el componente. En algunas clases de sistemas (es decir, sistemas pequeños con conductores externos cortos, como los teléfonos móviles), el acoplamiento IEMN-GA será dominado por las penetraciones por las aberturas – un mecanismo de alta frecuencia en sí. En consecuencia, los simuladores de tipo I que tienen un mayor contenido espectral de altas frecuencias serán preferibles para los ensayos. Sin embargo, en otros tipos de sistemas que contienen conductores externos más largos (radios AF, por ejemplo), la respuesta IEMN-GA dominante resultará del acoplamiento del campo a la antena. Así los simuladores del tipo II con un tiempo de subida más lento y un ancho de impulso más importante serán susceptibles de adecuarse a los ensayos de estos sistemas particulares.

El hecho de que diferentes sistemas puedan resistir de forma diferente según el entorno IEMN-GA incidente, subraya la necesidad de un programa de análisis previo a los ensayos para los simuladores de tipo II. Este análisis previo a los ensayos debe realizarse para determinar exactamente como los campos simulados de tipo II se acoplan al sistema, así como para verificar la adecuación de los simuladores del tipo II para la realización de los ensayos de inmunidad. La adecuación del ensayo debe demostrarse comparando los resultados de la interacción y del acoplamiento de los campos simulados con los del impulso teórico descrito en el apartado 5.4.2.

**5.4.4.1 Simuladores IEMN-GA de gran tamaño – tipo I.** Para los ensayos en el interior de los simuladores del tipo I, el campo eléctrico de cresta,  $E_{\text{cresta}}$ , debe seleccionarse en la tabla 1 correspondiente al nivel de ensayo de inmunidad seleccionado para el ensayo. Las tolerancias para los impulsos IEMN-GA iniciales en el conjunto del volumen de ensayo paralelepípedo del simulador deben ser como se indica a continuación.

- La relación de cresta del campo eléctrico al de cresta del campo magnético debe ser igual a  $377 \Omega \pm 50 \Omega$ .
- El tiempo de subida entre el 10% y el 90% del valor de cresta debe situarse en el margen comprendido entre  $2,5 \text{ ns} \pm 0,5 \text{ ns}$ .
- El campo eléctrico se debe aumentar de manera continua durante el tiempo de subida entre el 10% y el 90%.

- El ancho del impulso (duración del intervalo de tiempo entre los puntos del 50% de  $E_{\text{cresta}}$  en los frentes ascendente y descendente de un impulso) debe situarse entre 25 ns y 75 ns.
- La amplitud de un eventual impulso previo sobre el campo eléctrico debe ser inferior o igual al 7% de la amplitud de cresta del campo.
- Las reflexiones del campo eléctrico que provienen de la resistencia de carga del simulador deben ser inferiores al 10%.
- Las fluctuaciones en el espectro de frecuencia alisado del campo eléctrico en el centro del volumen de ensayo (véase el apartado 5.4.5) no deben ser superiores a  $\pm 10$  dB con relación al espectro teórico dado por la ecuación (2) en el ancho de banda comprendida entre 1 MHz y 200 MHz.
- La cresta del campo eléctrico debe ser uniforme en el volumen de ensayo dentro de los criterios siguientes: la cresta del campo eléctrico dentro del volumen de ensayo debe situarse en el margen comprendido entre  $E_{\text{cresta}}$  y  $E_{\text{cresta}} + 6$  dB.
- Para evaluar las tolerancias de campo, las mediciones de los campos eléctrico y magnético en el centro y en las 8 esquinas del volumen de ensayo deben realizarse en ausencia del equipo sometido a ensayo.

**5.4.4.2 Simuladores IEMN-GA de gran tamaño – tipo II.** Es necesario un análisis previo para los ensayos con simuladores de tipo II en la medida en que estas instalaciones de ensayo no cumplen con las especificaciones de inmunidad a las perturbaciones radiadas dadas en el apartado 5.4.2.

Las especificaciones de los simuladores de gran tamaño del tipo II son las mismas que las de los simuladores del tipo I, salvo en lo que respecta a los tiempos de subida, anchos de impulso y espectro de frecuencias, que se indican a continuación.

- El tiempo de subida del 10% al 90% del valor de cresta debe situarse entre 2 ns y 10 ns.
- El ancho del impulso (duración del intervalo de tiempo entre los puntos del 50% de  $E_{\text{cresta}}$  en los frentes ascendente y descendente de un impulso) debe situarse entre 25 ns y 500 ns.
- Las fluctuaciones en el espectro de frecuencias alisado del campo eléctrico en el centro del volumen de ensayo (véase el apartado 5.4.5) no deben ser superiores a  $\pm 10$  dB con relación al espectro teórico dado por la ecuación (2) en el ancho de banda comprendida entre 1 MHz y 100 MHz.

**5.4.5 Requisitos para el espectro en el dominio de frecuencias.** Además de los requisitos de los campos transitorios del simulador IEMN-GA, deben tenerse en cuenta los requisitos siguientes en el dominio de frecuencias de los campos del simulador:

- a) El espectro de frecuencias debe calcularse utilizando una forma de onda transitoria muestreada de manera uniforme comprendiendo 4 096 muestras entre el instante de comienzo 0 y el instante final de 2  $\mu$ s. Un espectro de frecuencias de valor complejo de 2 048 puntos debe calcularse utilizando una FFT (transformada rápida de Fourier) o una transformada discreta de Fourier (DFT) con un intervalo de muestreo frecuencia de 0,5 MHz y una frecuencia máxima de 1,0 GHz.
- b) El espectro de frecuencias debe ser alisado utilizando un promedio de muestreo de 5 puntos (es decir, que el espectro debe ser promediado en una ventana de 2 MHz).
- c) La amplitud que resulta del espectro alisado debe situarse en los límites del nivel especificado expresado en decibelios, del espectro de la forma de onda especificada de la ecuación (2) y ser tal como se representa normalizada en la figura 1.



Se debería observar que la mayor parte de los espectros de frecuencias medidos tienen a veces valores nulos (o “agujeros”), que no alteran de manera significativa el comportamiento global de la onda transitoria. El requisito que prevé que el espectro de frecuencias alisado de los simuladores pequeños y de gran tamaño se sitúe en los límites de  $\pm 3$  dB, y respectivamente de  $\pm 10$  dB, se da en este contexto de manera que permita un eventual valor nulo en el espectro. Los límites espectrales de  $\pm 3$  dB y  $\pm 10$  dB son diferentes porque los simuladores más pequeños tienen generalmente tolerancias más bajas y una exactitud más alta en lo que concierne a los campos simulados.

## **5.5 Ensayos de perturbaciones conducidas**

**5.5.1 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas.** Para las perturbaciones conducidas, se deben considerar tres tipos de entornos. Corresponden a cada uno de los regímenes temporales de los IEMN-GA (inicial, intermedio y final). Los niveles de ensayos de inmunidad para estos tres tipos de entornos de perturbaciones conducidas se dan, respectivamente, en las tablas 2, 3 y 4. Los valores dados en estas tablas son los valores de ensayo en modo común. Sólo se prescriben los ensayos en modo común para los cables de entrada/salida y los cables apantallados. Los ensayos en modo común y en modo diferencial se exigen para los accesos de alimentación eléctrica y de telecomunicación y para los dos primeros regímenes (inicial e intermedio). Los niveles de ensayo en modo diferencial tienen los mismos valores que en modo común. La tabla 5 da informaciones sobre otros ensayos concebidos para tener en cuenta los efectos indirectos del entorno final.

Se remite al anexo A para una descripción de los niveles de ensayo en función de la fiabilidad y de la protección requeridas para el equipo instalado.

**5.5.1.1 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas iniciales.** Los niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas iniciales se dan en la tabla 2. Los seis primeros niveles utilizan formas de onda sinusoidales amortiguadas para tener en cuenta las oscilaciones asociadas a los cables del interior de los edificios. La aplicación de niveles de ensayos de inmunidad para los conceptos de protección, los niveles de confianza (probabilidad) y los diferentes accesos de cables se dan en la tabla A.3. Los ensayos en los accesos a los cables de antena pueden realizarse exponiendo la antena a una perturbación IEMN-GA simulada en un ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas o inyectando en el acceso de la antena una sobretensión conducida adecuada, en modo diferencial, como se determina en el anexo B.

**Tabla 2**  
**Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas iniciales**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}$ V	$I_{ac}$ A	Forma de onda	Norma básica	Niveles de severidad en la norma básica
EC1	100	1	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC2	250	2,5	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC3	500	5	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC4	1 000	10	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC5	2 000	20	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC6	4 000	40	Sinusoidales amortiguadas <sup>a</sup>	ISO 7137	Véase el anexo D
EC7	4 000	80	5/50 ns	CEI 61000-4-4	4
EC8	8 000	160	5/50 ns	CEI 61000-4-4	X
EC9	16 000	320	5/50 ns	CEI 61000-4-4	X
EC10	25 000	500	25/500 ns	Esta norma	EC10
EC11	160 kV	3 200	10/100 ns	Esta norma	EC11
ECX	Especial	Especial	Transitorio rápido	Esta norma	ECX

NOTA 1 – Los niveles de tensión y de corriente dados en la tabla se aplican a los valores en modo común.

NOTA 2 – El nivel EC10 se compone de 4 subniveles además de 25 kV: 1 kV, 4kV, 8 kV y 16 kV.

NOTA 3 – Para niveles de ensayo de inmunidad EC8 y EC9, es suficiente realizar el ensayo con un solo impulso.

NOTA 4 – El nivel EC11 se compone de 4 subniveles además de 160 kV: 20 kV, 40 kV, 80 kV y 120 kV. Esta categoría de nivel de ensayo de inmunidad se destina a los ensayos de equipos directamente conectados a líneas eléctricas de MT de gran longitud protegidas contra el rayo. En ausencia de protección contra el rayo, aumentar  $V_{oc}$  a 1,6 MV y  $I_{sc}$  a 4 000 A (véase el anexo A).

<sup>a</sup> Cada nivel de ensayo de inmunidad se compone al menos de dos frecuencias: 1 MHz y 10 MHz o 10 MHz y 30 MHz. El coeficiente de amortiguamiento  $Q$  del ensayo de onda oscilatoria amortiguada, tal como se define por la ecuación (D.1) de la Norma CEI 61000-2-10, varía de 5 a 20.

**5.5.1.2 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas intermedias.** Los niveles de ensayos de inmunidad IEMN-GA a las perturbaciones conducidas intermedias se dan en la tabla 3. El nivel IC3 se utiliza para los conceptos de protección 1A y 2A, que no poseen protección contra el rayo en el circuito de alimentación eléctrica BT de corriente alterna. En el anexo A se da la justificación de este nivel. Los niveles IC2 e IC1 son inferiores al nivel IC3, porque es preciso que cada ensayo incluya el nivel de ensayo especificado más los dos niveles inmediatamente inferiores, como se describe en el procedimiento de ensayo del capítulo 9. Si se utiliza una protección contra el rayo, no son necesarios ensayos a las perturbaciones IEMN-GA intermedias, en la medida en que los SPD utilizados para la protección contra el rayo serán eficaces contra las sobretensiones relativamente lentas de la tabla 3.

**Tabla 3**  
**Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas intermedias**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}$ V	$I_{ac}$ A	Duración de la forma de onda	Norma básica	Niveles de severidad en la norma básica
IC1	1 000	25	Impulso unidireccional 10/700 $\mu$ s	CEI 61000-4-5 (Ensayo UIT-T) <sup>2)</sup>	2
IC2	2 000	50	Impulso unidireccional 10/700 $\mu$ s	CEI 61000-4-5 (Ensayo UIT-T)	3
IC3	4 000	100	Impulso unidireccional 10/700 $\mu$ s	CEI 61000-4-5 (Ensayo UIT-T)	4
ICX	Especial	Especial	Impulso unidireccional 10/700 $\mu$ s	CEI 61000-4-5 (Ensayo UIT-T)	X

NOTA – Los niveles de tensión y de corriente de la tabla se aplican a los valores en modo común. Para los valores en modo diferencial, utilizar los valores dados para el modo común en la tabla.

**5.5.1.3 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas finales.** Las perturbaciones IEMN-GA conducidas finales son de gran importancia para los equipos de telecomunicación, los equipos directamente conectados a las líneas de distribución eléctrica de MT y para las líneas de transporte de AT. Los circuitos de alimentación eléctrica de BT no estarán afectados por los efectos directos de las perturbaciones cuasi continuas, teniendo en cuenta su corta longitud y su debilitamiento producido por los transformadores de distribución. Aunque la forma ideal sea un impulso unipolar de 1/50 s, será difícil simularle, en especial con corrientes relativamente altas. Para los ensayos de inmunidad, se utiliza un impulso trapezoidal que es más fácil de realizar. En la tabla 4 se dan los niveles de entorno de perturbaciones conducidas para perturbaciones IEMN-GA finales.

**Tabla 4**  
**Niveles de ensayos de inmunidad para entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA finales**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}$ V	$I_{ac}$ A	Duración de la forma de onda	Norma básica	Aplicación
LC1	120	1,2	Impulso trapezoidal unidireccional 60 s	Esta norma	Acceso telecomunicaciones típico con líneas de 3 km o menos
LC2	400	1,33	Impulso trapezoidal unidireccional 60 s	Esta norma	Acceso telecomunicaciones para líneas de gran longitud hasta 10 km
LC3	400	25	Impulso trapezoidal unidireccional 60 s	Esta norma	Equipo directamente conectado a los circuitos de distribución eléctrica primarios en MT <sup>a</sup>
LC4	4 000	1 500	Impulso trapezoidal unidireccional 60 s	Esta norma	Equipo directamente conectado a las líneas de transporte en AT de gran longitud <sup>a</sup>
LCX	Especial	Especial	Especial	Esta norma	Niveles de tensión y de corriente definidos por el usuario

NOTA – En el anexo C se da las especificaciones de formas de ondas detalladas.

<sup>a</sup> Aplicable únicamente si existe un paso de corriente continua hacia tierra en los dos extremos de la línea. En el anexo A se dan las informaciones sobre la selección de los niveles de ensayo.

2) LaUIT es la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Los circuitos de alimentación eléctrica de baja tensión serán expuestos a los efectos indirectos de las perturbaciones IEMN-GA conducidas finales en las líneas de transporte y distribución eléctrica. La tabla 5 da los ensayos de inmunidad a la distorsión armónica y a las crestas de tensión adecuadas para los accesos eléctricos de corriente alterna de baja tensión.

**Tabla 5**  
**Ensayos para los efectos de los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas finales para los accesos en corriente alterna de baja tensión**

Nivel de ensayo de inmunidad	Efectos	Niveles de ensayo	Norma básica	Nivel de severidad en la norma básica
LCH1	Distorsión armónica severa	2º armónico – 5% de $V_r$ 3º armónico – 8% de $V_r$	CEI 61000-4-13	Nivel de ensayo Clase 3
LCV1	Variaciones de tensión	60% de cresta $V_r$ para 10 períodos	CEI 61000-4-11	Nivel de ensayo 40% de $V_r$

NOTA –  $V_r$  es la tensión asignada de entrada en corriente alterna.

**5.5.2 Especificaciones de los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas.** En esta norma, se han identificado ensayos CEI de CEM que cumplen con los requisitos de ensayo a las perturbaciones IEMN-GA para minimizar el número de nuevos generadores e instalaciones de ensayo necesarias para realizar los ensayos. Las especificaciones de ensayo son las de las normas existentes tales como las referenciadas en la tabla 6. Para los ensayos EC1 a EC11 e IC1 a IC4 debe utilizarse una red de conexión/desconexión similar a la utilizada para manejar los ensayos en las Normas CEI 61000-4-4, CEI 61000-4-5 y CEI 61000-4-12. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales, debe verificarse la rigidez dieléctrica de la red. Para las perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales EC11, debe diseñarse la rigidez dieléctrica para resistir los impulso de tensión hasta 200 kV.

**Tabla 6**  
**Especificaciones para el ensayo de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas**

Ensayo realizado	Normas para consulta para las especificaciones de ensayo	Impedancia de la fuente $\Omega$	Consideraciones especiales
Inicial EC1 – EC6	ISO 7137	100 ± 20% a las frecuencias de ensayo	Ensayo de onda oscilatoria amortiguada. Véase el anexo D
Inicial EC7 – EC9	CEI 61000-4-4	50 ± 30% desde 1 MHz hasta 100 MHz	Velocidad de repetición en ráfagas: 2,5 kHz Duración de la ráfaga: 10 ms
Inicial EC10	Esta norma	50 ± 30% desde 1 MHz hasta 20 MHz	Impulso unipolar único Onda 25/500 ns
Inicial EC11	Esta norma	50 ± 30% desde 1 MHz hasta 50 MHz	Impulso unipolar único Onda 10/100 ns
Intermedia IC1 – IC4	CEI 61000-4-5	40 ± 10% Margen: siguiendo la norma	Ensayo UIT-T
Final LC1 – LC2	Esta norma	Variable de 100 a 300 Tolerancia: ±10%	Generador de ondas trapezoidales
Final LC3 – LC4	Esta norma	0,06 o menos Tolerancia: + 10%	Generador de inyección de corriente
Final Efectos indirectos	CEI 61000-4-11 CEI 61000-4-13	Siguiendo la norma Siguiendo la norma	Ninguna

## 6 EQUIPO SOMETIDO A ENSAYO

### 6.1 Ensayos de campos radiados

**6.1.1 Generador de campo radiado.** El generador de campo radiado debe ser un dispositivo de ensayo de tamaño pequeño de campo radiado que cumpla con los requisitos del apartado 5.4.3 o un simulador IEMN-GA de gran tamaño que cumpla con los requisitos del apartado 5.4.4.

**6.1.2 Instrumentación.** El método de medición debe entrañar la utilización de un enlace de transmisión de fibras ópticas que permita medir señales y transmitir las a un sistema de procesamiento de datos sin perturbar el campo electromagnético ambiente. El sistema de medición debe ser intrínsecamente insensible a las radiaciones electromagnéticas emitidas por el simulador. El sistema de medición tiene como fin:

- a) proporcionar mediciones de referencia de campo;
- b) sincronizar las perturbaciones IEMN-GA simuladas con los modos operacionales del sistema sometido a ensayo tal como lo exige el usuario; y
- c) proporcionar mediciones de tensión y de corriente del equipo sometido a ensayo, tal como lo exige el usuario.

La precisión global exigida al sistema de medición debe situarse en los límites de  $\pm 3,0$  dB en el margen de frecuencias de  $f_{\text{mín.}}$  a  $f_{\text{máx.}}$ .

donde

$$f_{\text{mín.}} = 0,025 / (\text{ancho del impulso}) \text{ y}$$

$$f_{\text{máx.}} = 1,25 / (\text{tiempo de subida del impulso}).$$

El margen de frecuencias máxima requerida es de 50 kHz a 500 MHz, es decir, que no es necesario que  $f_{\text{mín.}}$  sea inferior a 50 kHz ni que  $f_{\text{máx.}}$  sea superior a 500 MHz. La gama dinámica instantánea del sistema de medición debe ser al menos 40 dB.

Se recomienda que el sistema de medición tenga las características siguientes:

- El sistema de transmisión de datos debería tener un ancho de banda mínima de 3 dB de 50 kHz a 1 GHz.
- El digitalizador o el osciloscopio debería tener un ancho de banda mínima de 500 MHz y una frecuencia de muestreo mínima de 2 giga-muestras por segundo con una resolución de datos mínima de 8 bits.
- Los sensores de campo eléctrico y magnético deberían tener un ancho de banda mínima de 3 dB de 50 kHz a 1 GHz.
- Los sensores de corriente deberían tener un ancho de banda mínima de 3 dB de 50 kHz a 200 MHz.

La medición del campo de referencia debe comprender las tres componentes ortogonales del campo eléctrico y las tres componentes ortogonales del campo magnético para permitir una evaluación de la relación del campo eléctrico al campo magnético, así como las componentes parásitas del campo electromagnético. El usuario también puede especificar otras mediciones del campo en el volumen de ensayo.

Si el usuario exige datos de tensión, el sistema de medición se debe diseñar cuidadosamente para proporcionar mediciones de tensión exactas en presencia de campos electromagnéticos importantes.

## 6.2 Ensayos de perturbaciones conducidas

**6.2.1 Generador de ensayo.** Los generadores para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas son los mismos que los prescritos por las normas básicas referenciadas en la tabla 6. Los niveles EC10, EC11 y LC1 – LC4 hacen referencia a esta norma; a continuación se dan las especificaciones para los generadores de ensayo.

**6.2.1.1 Generador EC 10.** Las características y prestaciones del generador de transitorios rápidos EC10, incluido el dispositivo de conexión, son las siguientes:

- margen de tensión en circuito abierto: 1 kV – 10% a 25 kV + 10%
- el generador debe ser capaz de funcionar en condiciones de cortocircuito.

*Características de funcionamiento sobre una carga de 50 Ω:*

- energía máxima: 6 J/impulso a 16 kV con una carga de 50 Ω
- polaridad: positiva/negativa
- tiempo de subida (10% a 90%) del impulso: 25 ns ± 30%
- duración del impulso (50% del valor): 500 ns ± 30%
- tipo de salida: coaxial
- impedancia de la fuente dinámica (véase la nota): 50 Ω ± 15 Ω
- forma del impulso: exponencial doble
- relación con la alimentación: asíncrona

NOTA – La impedancia de la fuente puede verificarse por la medición de los valores de cresta de la tensión de impulso de salida en condiciones de carga nula o, respectivamente, de 50 Ω (relación 2:1).

**6.2.1.2 Generador EC11.** Las características y prestaciones del generador de transitorios rápidos EC11 incluido el dispositivo de conexión son las siguientes:

- margen de tensión en circuito abierto: 20 kV – 10% a 160 kV + 10%
- el generador debe ser capaz de funcionar en condiciones de cortocircuito.

*Características para el funcionamiento en condiciones de carga de 50 Ω:*

- energía máxima: 50 J/impulso a 160 kV con una carga de 50 Ω
- polaridad: positiva/negativa
- tiempo de subida (10% al 90%) del impulso: 10 ns ± 30%
- duración del impulso (valor del 50%): 100 ns ± 30%
- tipo de salida: coaxial
- impedancia de la fuente dinámica (véase la nota): 50 Ω ± 15 Ω

- forma del impulso: exponencial doble
- relación con la alimentación: asíncrona

NOTA – La impedancia de la fuente puede verificarse por la medición de los valores de cresta de la tensión de impulso de salida en condiciones de carga nula o, respectivamente, de 50  $\Omega$  (relación 2:1).

**6.2.1.3 Generador LC.** Las características y prestaciones de los generadores de impulsos lentos LC1 y LC2, incluido el dispositivo de conexión, son los siguientes:

- forma de la tensión en circuito abierto: onda cuadrada
- forma de la tensión en carga: trapezoidal
- decrecimiento de la tensión trapezoidal para una carga de 100  $\Omega$ : 10%
- margen de tensión a circuito abierto: 50 V – 10% a 500 V + 10%
- polaridad: positiva/negativa
- tiempo de subida de tensión (10% al 90%) para una carga de 100  $\Omega$ : 1 s  $\pm$  0,5 s
- duración del impulso de tensión (valor del 50%) para una carga de 100  $\Omega$ : 60 s  $\pm$  0,5 s
- impedancia de la fuente variable: 100  $\Omega$  - 10% a 300  $\Omega$  + 10%

NOTA – Para detalles complementarios relativos a las formas de ondas, véase el anexo C.

Para los ensayos de los componentes eléctricos de potencia, es adecuado un generador de inyección de corriente porque la impedancia de carga para frecuencias bajas (unos pocos hercios) se sitúa entre unos pocos ohmios y algunas decenas de ohmios para los arrollamientos de transformadores y las inductancias unidas a la tierra. Las características y prestaciones de los generadores de impulsos lentos LC3 y LC4 son los siguientes:

- forma de la tensión en circuito abierto: onda cuadrada
- forma de la tensión en carga: trapezoidal
- decrecimiento de la tensión trapezoidal para una carga de 0,1  $\Omega$ : 50%
- impedancia de la fuente: inferior a 0,06  $\Omega$
- corriente de cresta para una carga de 0,1  $\Omega$ : 1 500 A  $\pm$  100 A
- corriente de cresta para una carga de 10  $\Omega$ : 25 A  $\pm$  2,5 A
- polaridad: positiva/negativa
- tiempo de subida de la tensión (10% al 90%) para una carga de 0,1  $\Omega$ : 1 s  $\pm$  0,5 s
- duración del impulso de corriente (valor del 50%): 60 s  $\pm$  0,5 s

NOTA – Para detalles complementarios relativos a las formas de ondas, véase el anexo C.

**6.2.2 Instrumentación.** La instrumentación de ensayo para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas es la misma que la prescrita por las normas básicas referenciadas en la tabla 6. Para los niveles que hacen referencia a esta norma, la exactitud global exigida para el sistema de medición debe estar en los límites de  $\pm 3,0$  dB en el margen  $f_{\text{mín.}}$  a  $f_{\text{máx.}}$ , donde  $f_{\text{mín.}} = 0,025/(\text{ancho de impulso})$  y  $f_{\text{máx.}} = 1,25/(\text{tiempo de subida del impulso})$ . El margen de frecuencias máxima requerida es de 50 kHz a 500 MHz, es decir, que no es necesario que  $f_{\text{mín.}}$  sea inferior a 50 kHz ni que  $f_{\text{máx.}}$  sea superior a 500 MHz. Es preciso que la escala dinámica instantánea global exigida para el sistema de medición sea de al menos 40 dB. Para los niveles de ensayo de inmunidad EC9 a EC11, las sondas de alta tensión deberán monitorizar las tensiones.

## 7 CONFIGURACION DE ENSAYO

### 7.1 Ensayo a las perturbaciones radiadas

El volumen de ensayo de un simulador depende de su tamaño físico y de las características de su estructura radiante (antena). Se define como el volumen en el que los campos electromagnéticos incidentes son conformes o exceden los requisitos de intensidad y de uniformidad, según se especifica en los apartados 5.4.3 y 5.4.4 para el ensayo a las perturbaciones IEMN-GA simuladas. Si el objeto sometido a ensayo es de un tamaño demasiado importante con relación al volumen de ensayo, la respuesta será diferente de la que corresponda a una onda plana y los resultados de ensayo serán discutibles.

Para asegurar la exactitud de la simulación, es necesario reducir la interacción entre el equipo sometido a ensayo y el simulador colocando el objeto sometido a ensayo suficientemente lejos de los elementos radiantes o de las guías de ondas del simulador. Para un simulador de onda guiada (placa paralela), el objeto sometido a ensayo debe estar situado a más de 0,3 veces su dimensión transversal total con relación a las placas paralelas. Si el equipo sometido a ensayo se somete a los ensayos que están sobre un plano del suelo, debe situarse a más de 0,6 veces su dimensión transversal total con relación a la placa paralela superior. Para los simuladores en campo libre (por ejemplo, antenas dobles radiantes verticales u horizontales), el equipo sometido a ensayo puede en principio, estar situado muy cerca de la estructura del simulador, porque la interacción entre el equipo sometido a ensayo y el simulador no es tan importante como en el caso de un simulador de placas paralelas.

El equipo sometido a ensayo se describe generalmente como un volumen finito, con dimensiones determinadas por sus mayores dimensiones ortogonales en altura, anchura y longitud. El equipo sometido a ensayo debe encajar dentro del volumen de ensayo del simulador como se define a continuación. Pueden mostrarse conductores externos “de longitud corta” asociados al equipo sometido a ensayo de manera satisfactoria, (véase el capítulo 8). Estos cables también deben contarse para determinar el volumen del equipo sometido a ensayo. Si el equipo sometido a ensayo se somete a los ensayos en campo libre, es decir, sin estar sobre un plano del suelo, entonces debe colocarse sobre un soporte aislante dentro del simulador, como se describe en los apartados 8.3.2.1 y 8.3.2.2.

### 7.2 Ensayo a las perturbaciones conducidas

Los requisitos de configuración del ensayo para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas son los mismos que los que se aplican a otros ensayos CEM de CEI referenciados en la tabla 6. Este argumento permite la realización de ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas, bien como requisitos independientes, o como partes de otros ensayos CEM de CEI. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas en laboratorio sin remisión a otros ensayos CEM de CEI, el equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre un soporte aislante a una altura de  $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$  por encima del plano del suelo. En el caso de equipos o sistemas con mesa incorporada, el equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre un soporte aislante a una altura de  $0,8 \text{ m} \pm 0,08 \text{ m}$  por encima del plano del suelo. Debe instalarse una conexión de tierra entre el plano del suelo y el equipo sometido a ensayo de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La distancia mínima entre el equipo sometido a ensayo y otras superficies conductoras es de 0,5 m.

Los equipos e instrumentación de ensayo necesarios para los ensayos de CEM según otras normas CEI aprobadas, de acuerdo con las referencias de la tabla 6, pueden utilizarse para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas. Sin embargo, para niveles de ensayos de inmunidad especiales, como el nivel X en una norma de referencia, puede ser necesario un equipo especial con capacidades de impulso de tensión de cresta más altos. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA conducidas finales, la instrumentación debe ser capaz de registrar el impulso inyectado y la respuesta del equipo o del sistema hasta 60 s.



## 8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas y radiadas pueden realizarse separadamente. No existen requisitos para la realización de ensayos simultáneos de estos dos tipos de sollicitaciones.

Si el conjunto del sistema, incluidos todos los conductores externos “cortos”, puede mostrarse de manera satisfactoria en el transcurso de un ensayo radiado, entonces puede no requerirse los ensayos de perturbaciones conducidas iniciales para estos cables (véase el apartado 8.3.2.2 para el procedimiento). Por otra parte, los ensayos de perturbaciones conducidas pueden ser innecesarios para los accesos de antena, si la antena puede soportar ensayos de sollicitación al IEMN-GA simulado con una orientación para una respuesta máxima. Sin embargo, todos los accesos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, de telecomunicación o a otras líneas de gran longitud deben ser objeto de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas.

Los ensayos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA deben manejarse de acuerdo con un plan de ensayo que describa el equipo a someter a ensayo, el nivel de ensayo de inmunidad y las formas de ondas de ensayo, las condiciones climáticas, los principales modos operacionales y los criterios para cumplir con los requisitos de inmunidad. El entorno (a la vez climático y electromagnético) del laboratorio o del dispositivo sometido a ensayo a las perturbaciones IEMN-GA no debe influir en los resultados del ensayo. Durante los ensayos, es importante vigilar los equipos para clasificar los resultados como se especifica en el capítulo 9. Si el equipo recibe o envía datos a otros equipos de un sistema, es preciso enviar y recibir los mismos datos o datos simulados con el equipo sometido a ensayo. Esto debe permitir una evaluación de resultados del equipo durante el ensayo.

Si el equipo sometido a ensayo no pasa con éxito los requisitos de ensayo y si se conectan equipos de diagnóstico de medición al sistema o equipo, las sondas y cables se deben retirar y el ensayo debe realizarse de nuevo para conseguir que la instrumentación añadida no sea origen del fracaso del ensayo. El informe del ensayo debe identificar claramente la presencia de todos los cables externos conectados al equipo sometido a ensayo, que formen parte del equipo o del sistema de medición.

El equipo sometido a ensayo debe ensayarse para cada modo de funcionamiento principal especificado en el plan de ensayo. Para ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas, debe utilizarse ambas formas de ondas positiva y negativa. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas, solo es necesario una polaridad de la forma de onda.

Los ensayos de laboratorio deben manejarse en las condiciones de entorno identificadas en el apartado 8.1. Los ensayos in situ no son adecuados para los ensayos de recepción de inmunidad pero estos ensayos pueden utilizarse para verificar la inmunidad del equipo instalado así como la inmunidad del sistema. Para los ensayos in situ, las condiciones ambientales descritas en el apartado 8.1 siguiente son deseables pero no requeridas.

### 8.1 Condiciones climáticas

Los ensayos a las perturbaciones IEMN-GA deben realizarse en condiciones climáticas normalizadas de acuerdo con la Norma CEI 60068-1 (1988):

- temperatura: 15 °C a 35 °C;
- humedad relativa: 25% a 75%;
- presión atmosférica: 86 kPa a 106 kPa.

También deben tomarse en cuenta otros intervalos de condiciones climáticas si el equipo se diseña y/o se especifica para funcionar en esas condiciones o si el ensayo está previsto en el exterior. Las condiciones climáticas se deben medir y anotar en el informe del ensayo.

## 8.2 Nivel de ensayo de inmunidad y exposiciones de ensayo

Es importante realizar algunas exposiciones por debajo del nivel de protección de los SPD y también a un nivel de tensión suficientemente bajo para evitar cualquier formación de arco en el interior del sistema, lo que puede entrañar daños. Así, cada nivel de ensayo de inmunidad debe comprender tres amplitudes de ensayo reales, empezando dos niveles por debajo del nivel de ensayo de inmunidad especificado, que se considera está por debajo del nivel de protección de los SPD y del umbral de cebado. Los niveles de ensayos de inmunidad EC10 y EC11 constituyen excepciones en la medida en que poseen un nivel principal y subniveles complementarios. Si los niveles inferiores deben ser inferiores al nivel de protección, debe especificarse una amplitud de ensayo de salida inferior. Cada impulso de ensayo debe utilizar la misma forma de onda que la del nivel de ensayo de inmunidad especificado.

Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas, debe especificarse un nivel de ensayo de inmunidad de acuerdo con la tabla 1. Se debe realizar al menos dos exposiciones de ensayo para cada una de las tres amplitudes de ensayo para cada orientación y modo de funcionamiento principal objeto de ensayo.

Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas, debe especificarse los niveles de ensayos de inmunidad para cada régimen temporal adecuado (véanse las tablas 2, 3, 4 y 5). Los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas, que incluyen a la vez la excitación en modo común y modo diferencial y a la vez las formas de polaridad positiva y negativa son normalmente prescritos para los accesos de alimentación eléctrica y de telecomunicación. Deben manejarse los ensayos en modo diferencial con la misma amplitud que los ensayos en modo común. Para los cables de entrada/salida (E/S) y cables apantallados no son necesarios los ensayos en modo diferencial. Se debe realizar al menos dos ensayos en cada una de las seis amplitudes de ensayo (tres impulsos positivos y tres negativos), para cada modo de funcionamiento principal objeto de ensayo.

## 8.3 Procedimientos de ensayo para las perturbaciones radiadas

**8.3.1 Mediciones de los parámetros de ensayo.** Los parámetros climáticos definidos en el apartado 8.1 deben medirse y consignarse por el operador del ensayo. Las características de la instalación de ensayo deben ponerse a disposición del operador. Para ello, se efectúa una serie de mediciones de campos electromagnéticos dentro del volumen de ensayo sin la presencia del equipo sometido a ensayo. Esta información debe incluir también una evaluación que indique que los requisitos de uniformidad del campo y de forma de onda indicados en los apartados 5.4.3, 5.4.4.1 ó 5.4.4.2 se cumplen. Debe registrarse una medición del campo eléctrico de referencia para cada impulso del campo.

**8.3.2 Procedimiento de ensayo de las perturbaciones radiadas.** Puede utilizarse un dispositivo pequeño de ensayo a las radiaciones para someter el equipo a ensayo; sin embargo se exigen también ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas en todos los accesos de cables. Un sistema pequeño puede soportar ensayos en un simulador de perturbaciones IEMN-GA de gran dimensión y potencialmente cumplir con los requisitos de inmunidad contra las perturbaciones conducidas para numerosos accesos de cables. Sin embargo, las líneas de gran longitud como las líneas de alimentación eléctrica de corriente alterna y las líneas de telecomunicación no pueden soportar los ensayos de manera adecuada cualquiera que sea el simulador de perturbaciones IEMN-GA utilizado. En consecuencia, siempre se exigen los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas para estos accesos.

Se sabe que los simuladores de perturbaciones IEMN-GA de gran tamaño se adaptan mejor para realizar ensayos de sistemas cuando pueden funcionar conjuntamente elementos múltiples del equipo. No obstante, esto no es un requisito de esta norma para que los ensayos de sistemas se realicen en este simulador.

Cada ensayo de inmunidad de un nivel de ensayo de inmunidad especificado comprende exposiciones en tres niveles: el nivel de ensayo de inmunidad especificado y los dos niveles inmediatamente inferiores. Si se define un solo nivel más bajo por esta norma, sólo se debe utilizar un solo nivel. Si se especifica el nivel de ensayo de inmunidad más bajo, sólo este nivel de exposición es necesario para el ensayo de inmunidad. Se debe realizar un mínimo de dos impulsos de campo para cada nivel de exposición.

**8.3.2.1 Dispositivo de pequeña dimensión de ensayo a las radiaciones.** El argumento de base utilizado en este procedimiento consiste en someter al equipo y a los sistemas pequeños a ensayos en una instalación de ensayo de laboratorio, como una celda TEM, una sala anecoica o una instalación de ensayo al aire libre. El equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre un soporte aislante a una altura de  $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ , por encima del plano del suelo en el interior del volumen de ensayo y todos los cables del equipo deben utilizarse de una manera compatible con el funcionamiento normal del equipo. La conexión a tierra entre el plano del suelo y el equipo sometido a ensayo debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Es necesario controlar e indicar la longitud y la posición de los cables unidos al equipo sometido a ensayo. Orientar el cableado para obtener un acoplamiento mínimo hacia las fuentes componentes del campo eléctrico y magnético en la instalación de ensayo. Los ensayos complementarios de inmunidad a las perturbaciones conducidas deben realizarse separadamente para tener en cuenta la conexión de estos cables. El equipo sometido a ensayo debe sufrir una rotación para exponer todos sus lados (normalmente seis lados) a los campos de impulsos, aunque por consideraciones prácticas puede limitarse el número de rotaciones.

Si el método de monitorización implica mediciones dentro del equipo sometido a ensayo, las sondas y los cables implicados deben colocarse con cuidado de manera que se reduzcan los efectos nefastos sobre las mediciones. Los cables de fibras ópticas sin material metálico se recomiendan especialmente para estas mediciones.

**8.3.2.2 Procedimiento con un simulador de perturbaciones IEMN-GA de gran tamaño.** Se necesita un análisis previo para los ensayos con simuladores del tipo II, dado que estas instalaciones de ensayo no cumplen con los requisitos de inmunidad a las perturbaciones radiadas dadas en el apartado 5.4.2. La adecuación del ensayo debe demostrarse comparando el resultado de la interacción y del acoplamiento del campo simulado con el del impulso teórico descrito en el apartado 5.4.2.

El argumento de base utilizado en este procedimiento de ensayo consiste en someter una parte del equipo de gran tamaño (o un sistema autónomo) en un entorno de perturbaciones IEMN-GA radiadas iniciales en un simulador de perturbaciones IEMN-GA de gran tamaño. Teniendo en cuenta los volúmenes de ensayo importantes en algunos simuladores (alrededor de  $1\ 000 \text{ m}^3$ ), el sistema y sus cables externos y de enlace pueden exponerse simultáneamente. La ventaja más significativa de este tipo de ensayo es que pueden someterse a ensayos diferentes partes de equipos interconectados durante funcionamientos realistas. Además, en algunos casos, es posible eliminar el número de ensayos del equipo y así reducir la cantidad de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas. Sin embargo, es preciso que todos los accesos conectados a las líneas de alimentación eléctrica, de telecomunicación u otras líneas de gran longitud se sometan a ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas.

Para aplicar este procedimiento, el equipo sometido a ensayo debe colocarse en el interior del simulador sobre un soporte aislante en caso necesario y los cables externos del sistema deben orientarse de manera que aumente el valor de la corriente inducida en cada punto de entrada (PdE) del equipo. Esto debe confirmarse midiendo la corriente que entra en cada PdE. Las corrientes medidas se deben comparar con los niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas requeridas en cada PdE. Si las corrientes inducidas producidas durante los ensayos de campo radiado sobrepasan los requisitos de inmunidad a las perturbaciones conducidas con valores de cresta mayores, tiempos de subida más pequeños y anchos de impulsos mayores, y si el sistema continua funcionando normalmente, entonces ya no es necesario el ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas para el PdE requerido. Si es necesario, pueden realizarse ensayos radiados en niveles de campo más elevados para aumentar las corrientes inducidas en cada PdE. Este procedimiento es útil únicamente si el sistema es capaz de funcionar de manera aceptable durante tal exposición. Si estos niveles de corrientes inducidas no se pueden alcanzar, debe realizarse el ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas.

Si es necesario, el equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre un soporte aislante a una altura de  $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$  por encima del plano del suelo dentro del volumen de ensayo. En el caso de un equipo o sistemas con mesa, el equipo sometido a ensayo debe colocarse sobre un soporte aislante a una altura de  $0,8 \text{ m} \pm 0,08 \text{ m}$  por encima del plano del suelo dentro del volumen de ensayo. Debe realizarse una conexión de tierra entre el plano del suelo y el equipo sometido a ensayo, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Si es posible, el equipo sometido a ensayo debe sufrir una rotación para exponer las seis caras a los campos. Los cables externos cortos que pueden estar contenidos dentro del volumen de ensayo deben orientarse para una respuesta máxima en cada acceso de un cable durante al menos una de las orientaciones del equipo sometido a ensayo.

#### 8.4 Procedimiento de ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas

Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas debe utilizarse el procedimiento de ensayo descrito en la norma básica de referencia en la tabla 6, a excepción de lo siguiente. Los ensayos se prescriben para todos los tipos de líneas conductoras (incluso para la parte metálica longitudinal de los cables de fibras ópticas), que se conectan al sistema y al equipo. Esto incluye las líneas de alimentación eléctrica, de comunicación, señal, control y puesta a tierra.

Para los cables apantallados, en los que el apantallamiento del cable está unido a un blindaje en cada extremo, la pantalla del cable debe someterse a la sollicitación prescrita. Si un cable no está apantallado o si el blindaje no está conectado eléctricamente al apantallamiento del equipo, los hilos internos deben estar directamente sometidos a la sollicitación. La corriente global de estos hilos internos debe cumplir con los requisitos de ensayo.

Cada ensayo de inmunidad en un nivel de ensayo de inmunidad especificado comprende exposiciones a tres niveles: nivel de ensayo de inmunidad especificado y los dos niveles inmediatamente inferiores. Si se define un solo nivel inferior por esta norma, entonces debe utilizarse un solo nivel. Si se especifica el nivel de ensayo de inmunidad más bajo, sólo es necesario este nivel de exposición para el ensayo de inmunidad. Debe realizarse un mínimo de dos impulsos positivos y dos negativos para cada nivel de exposición.

#### 8.5 Ejecución del ensayo

El ensayo debe realizarse de acuerdo con el programa de ensayo. Las condiciones de ensayo deben aplicarse mientras el equipo sometido a ensayo esté en uno de sus modos de funcionamiento principal en condiciones de funcionamiento normal, como se define en el programa de ensayo. Para cada nivel de ensayo, los impulsos se deben aplicar con un tiempo suficiente entre impulsos para verificar el deterioro o los daños del sistema. Después de cada nivel, los resultados de funcionamiento del equipo sometido a ensayo se deben verificar. Si se observa un deterioro temporal del equipo sometido a ensayo, se debe repetir el ensayo al nivel del deterioro producido.

**8.5.1 Ejecución del ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas.** El ensayo de inmunidad a las perturbaciones radiadas debe realizarse sobre la base de un programa de ensayo, incluyendo la verificación de las prestaciones del equipo sometido a ensayo, como se define en la norma de producto o en su defecto, la especificación técnica.

El equipo sometido a ensayo debe estar en condiciones de funcionamiento normal. Se debe desarrollar una tabla de configuración de ensayo que incluya las configuraciones de funcionamiento del equipo sometido a ensayo, los estados principales de funcionamiento y las orientaciones con relación a la dirección de propagación de las ondas. Para cada configuración de ensayo, el programa de ensayo debe especificar:

- los niveles de ensayo: el nivel de ensayo de inmunidad seleccionado, mas los dos niveles inmediatamente inferiores;
- el número de exposiciones en cada nivel (se prescriben al menos dos exposiciones);
- el PdE para evaluar;
- la descripción de las posiciones de los cables y mediciones a realizar;
- los equipos auxiliares requeridos;
- la polaridad y el ángulo de incidencia de los campos simulados;
- los detalles de la configuración de ensayo, cuando es diferente de la especificada en el capítulo 7;
- los criterios de aceptación/rechazo.

**8.5.2 Ejecución del ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas.** El ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas debe realizarse sobre la base de un programa de ensayo, incluyendo la verificación de las prestaciones del equipo sometido a ensayo, como se define en la norma de producto, o en su defecto, la especificación técnica.

El equipo sometido a ensayo debe estar en condiciones de funcionamiento normales. Se debe desarrollar una tabla de configuración de ensayo que incluya las configuraciones de funcionamiento del equipo sometido a ensayo y los estados principales de funcionamiento. Para cada configuración de ensayo, el programa de ensayo de inmunidad a las perturbaciones conducidas debe especificar:

- el tipo de ensayo a realizar (inicial, intermedio y/o final);
- los modos de ensayo (los modos común y diferencial son los dos normalmente prescritos para los ensayos iniciales e intermedios en los cables conectados a los accesos de alimentación en corriente continua y alterna y a los accesos de telecomunicación);
- los niveles de ensayo en modo común: el nivel de ensayo de inmunidad seleccionado, más los dos niveles inmediatamente inferiores;
- los niveles de ensayo en modo diferencial: igualdad con los niveles de ensayo en modo común;
- la polaridad de las formas de ondas de las tensiones/corrientes de ensayo (las dos polaridades son obligatorias);
- el número de aplicaciones prescritas de cada nivel de exposición (al menos dos);
- los accesos por cable (conductor) del equipo sometido a ensayo;
- el orden de aplicación del impulso de ensayo en los accesos del equipo sometido a ensayo, uno después del otro, o dos cables conectados a más de un acceso, etc.;
- equipos auxiliares eventuales;
- configuración de ensayo, cuando es diferente a la especificada en el capítulo 7;
- criterios de aceptación/rechazo.

NOTA - Los ensayos en modo diferencial se recomiendan para los accesos de los cables de alimentación eléctrica y de telecomunicación.

El programa de ensayo debe ser objeto de un acuerdo entre el fabricante y el laboratorio de ensayo o el usuario. Los ensayos pueden realizarse sin sondas, si se sospecha que modifican los resultados del ensayo o interfieren con ellos de cualquier manera.

## **9 RESULTADOS E INFORMES DEL ENSAYO**

El informe del ensayo debe contener informaciones detalladas que conciernan al equipo sometido a ensayo, las condiciones de ensayo, el modo de funcionamiento, los resultados de ensayo y la respuesta del equipo a cada exposición de ensayo. Para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas, el informe debe contener el campo medido, las informaciones sobre el generador de campo IEMN-GA así como los resultados de calibración del equipo de diagnóstico, representación del campo en el volumen de ensayo, y la componente temporal del campo eléctrico y su contenido espectral asociado. En el informe debe presentarse una evaluación de todos los impactos nefastos debidos a las variaciones del espectro de frecuencia del campo eléctrico comparado con el espectro teórico.

El comportamiento del equipo sometido a ensayo se debe clasificar según uno o varios de los elementos siguientes:

- a) resultado normal en los límites de las especificaciones;
- b) deterioro temporal o pérdida de función o funcionamiento autorrecuperable;
- c) deterioro temporal o pérdida de función o funcionamiento que necesita una intervención del operador o una puesta a cero del sistema;
- d) degradación o pérdida de función que no es recuperable debido a la pérdida de datos o de daños que afectan al equipo;
- e) deterioro que puede conducir a un problema de seguridad (por ejemplo incendio).

Para los ensayos de aceptación, el programa de ensayo y la interpretación de los resultados de ensayo deben estar descritos en una norma específica de producto. Cuando las circunstancias lo dictan, los comités de producto pueden modificar las categorías de los resultados de ensayo descritas anteriormente.

**ANEXO A (Informativo)****NOTAS EXPLICATIVAS RELATIVAS A LOS NIVELES DE ENSAYOS DE INMUNIDAD**

Los ensayos de inmunidad recomendados en esta norma se han determinado mediante una cuidadosa consideración, a la vez de la diversidad de los emplazamientos de los equipos y de los niveles de ensayo correspondientes a estos emplazamientos. La selección de los niveles de ensayos se debe basar en el nivel de protección en el emplazamiento del equipo, dado por las condiciones de instalación (edificio, protección contra el rayo, etc.), como se define en la Norma CEI 61000-5-3, y el grado de fiabilidad requerido de los equipos. Los niveles y las formas de ondas para las solicitaciones a la rigidez dieléctrica IEMN-GA radiadas y conducidas se definen en la Norma CEI 61000-2-11, para los conceptos de protección identificados en la Norma CEI 61000-5-3. Los niveles de probabilidad, muy alta (99%), alta (90%) y nominal (50%) de la Norma CEI 61000-2-11 se han utilizado para determinar las solicitaciones a la tensión para los requisitos de fiabilidad, muy alta, alta y nominal de los equipos.

Para simplificar y reducir el número de niveles de ensayo de inmunidad, se han combinado los requisitos de dos o más conceptos de protección. Además, algunas tensiones conducidas se han modificado para considerar todas las reducciones que se pueden alcanzar debido a los recebados que pueden intervenir, o a la protección contra el rayo asegurada por pararrayos de MT o los SPD de BT. La experiencia en el campo de los ensayos de las perturbaciones IEMN-GA ha demostrado que los transitorios de frente escarpado de corta duración entrañarán un recebado a un nivel próximo a dos veces el de la onda de 1,2/50  $\mu$ s definida en la Norma CEI 61000-4-5. Así, si un aislador se ceba a 110 kV para la onda de 1,2/50  $\mu$ s, se cebará en torno a 220 kV para los transitorios IEMN-GA inducidos de frente escarpado de corta duración. El nivel de protección de tensión en una línea de MT protegida por un pararrayos con un varistor de óxido metálico (MOV) con hilos cortos es alrededor de tres veces el de una onda 1,2/50  $\mu$ s [1]<sup>3)</sup>. Por ejemplo, el nivel de protección de tensión para un pararrayos MOV de 9 kV es de alrededor de 40 kV para una onda de 20 kA 1,2/50  $\mu$ s mientras que la perturbación IEMN-GA conducida estaría limitada en aproximadamente tres veces 40 kV o 120 kV. Hay que observar que la protección de tensión del pararrayos de 120 kV es considerablemente inferior al suministrado por la tensión de cebado de un aislador, es decir 220 kV.

Igualmente, el nivel de protección de tensión en una línea de BT protegida por un SPD con hilos cortos es también aproximadamente tres veces el de la onda 1,2/50  $\mu$ s, véanse [2] y [3]. El nivel superior de protección de tensión para una sobrecarga de frente escarpado es debido en gran parte a la inductancia de los hilos, que es aproximadamente 1  $\mu$ H/m. Véase [2] para información sobre la instalación correcta de los SPD para reducir la inductancia de los hilos. Un SPD correctamente instalado da un nivel de protección de tensión aproximadamente igual a cuatro veces la tensión de funcionamiento para una onda 1,2/50  $\mu$ s, con una corriente de sobrecarga de hasta varios kiloamperios, de acuerdo con [2].

**A.1 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas**

Los niveles R1, R4 y R7 son los niveles definidos por la Norma CEI 61000-2-11. Los niveles R2, R3, R5 y R6 son niveles intermedios. El nivel RX corresponde a un nivel de perturbación electromagnética particular definido para una aplicación especial (por ejemplo, un nivel más alto debido a un reforzamiento del campo de proximidad de estructuras metálicas para conseguir un margen más importante de endurecimiento, etc.). En esta norma no se han utilizado dos de los niveles definidos por la Norma CEI 61000-2-11, (5 V/m) y (50 V/m), que no serían significativos como niveles de ensayo.

Los niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas se presentan en la tabla A.1. Los niveles se basan en los conceptos de protección descritos en la Norma CEI 61000-5-3. En el concepto 4, se da una atenuación mínima de 40 dB para un recinto apantallado con una simple pantalla de RF. En los conceptos 2 y 3, se da una atenuación de 20 dB por un edificio de hormigón armado, un edificio de estructuras metálicas unido a tierra o una estructura enterrada.

---

3) Las cifras indicadas entre corchetes remiten al capítulo A.3.

**Tabla A.1**  
**Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radiadas**

<b>Nivel de ensayo de inmunidad</b>	<b>Ensayo requerido para equipos y sistemas con la protección siguiente</b>	<b>Concepto de protección<sup>a</sup></b>	<b>Valor de cresta del campo <math>E_{cresta}</math> kV/m</b>
R1	Atenuación de 40 dB	4	0,5
R2	Valor intermedio		1
R3	Valor intermedio		2
R4	Atenuación de 20 dB	2A, 2B, 3	5
R5	Valor intermedio		10
R6	Valor intermedio		20
R7	Sin atenuación del campo	1A, 1B	50
RX	Aplicaciones especiales		X

<sup>a</sup> De acuerdo con la Norma CEI 61000-5-3.

Los ensayos radiados para perturbaciones IEMN-GA intermedios y finales no están prescritos en la medida en que estos entornos sólo dan lugar a acoplamientos significativos con líneas de gran longitud y que los ensayos de entorno de perturbaciones conducidas están mejor adaptados.

## **A.2 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas**

Los niveles de ensayo para los tres regímenes temporales de perturbaciones conducidas son los siguientes:

- niveles EC relativos a los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales;
- niveles IC relativos a los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas intermedios;
- niveles LC relativos a los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas finales.

### **A.2.1 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones iniciales**

**A.2.1.1 Entorno de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales.** La clasificación de los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales en modo común, como se presenta en la Norma CEI 61000-2-11, se da en la tabla A.2.



**Tabla A.2**  
**Entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales en modo común**

Concepto de protección	Probabilidad 50% $V_{oc}/I_{sc}$	Probabilidad 90% $V_{oc}/I_{sc}$	Probabilidad 99% $V_{oc}/I_{sc}$	Línea enterrada $V_{oc}/I_{sc}$
6	5 V/0,05 A	15 V/0,15 A	40 V/0,4 A	5 V/0,05 A
5	50 V/0,5 A	150 V/1,5 A	400 V/4 A	50 V/0,5 A
3 y 4	500 V/5 A	1 500 V/15 A	4 kV/40 A	500 V/5 A
1B y 2B	20 kV/50 A	60 kV/150 A	160 kV/400 A	2,5 kV/50 A
1A y 2A	200 kV/500 A	600 kV/1,5 kA	1,6 MV/4,0 kA	25 kV/500 A

La forma de onda para una línea enterrada se da como un impulso unidireccional de 25/500 ns con una impedancia de la fuente de 50 Ω. Se utilizan ondas sinusoidales amortiguadas con una frecuencia de 10 MHz para las perturbaciones conducidas hasta 4 kV provenientes de líneas aéreas. Los transitorios que provienen de líneas aéreas superiores o iguales a 8 kV son ondas 10/100 ns de la Norma CEI 61000-2-11. No obstante, los valores superiores a 8 kV indicados en la tabla A.3 son adecuados para los casos de ruptura dieléctrica del aislamiento de BT o SPD. Estos casos se representan por las ondas de 5/50 ns.

Los transitorios de alta tensión asociados a los conceptos 1 y 2 presentados en la tabla A.2 no se aplican a los equipos de baja tensión situados en el interior de los edificios debido a la rigidez dieléctrica del aislamiento de los circuitos de baja tensión y de los efectos de los dispositivos de protección contra el rayo. La protección contra el rayo se supone nominal, es decir, que el empleo de un SPD o de un pararrayos ofrece una protección menor que el nivel óptimo de protección de tensión. Por ejemplo, para un SPD MOV que tiene longitudes de hilos de 0,1 m y que presentan una probabilidad de perturbaciones conducidas del 50% para el concepto 2B de una onda 0,5 kA 10 × 100 ns descrita en la Norma CEI 61000-2-11, el nivel de protección de tensión es de

$$(50 \text{ kA}/\mu\text{s}) \times 0,1 \mu\text{H} + 4,1 \times 690 \text{ V} = 7,8 \text{ kV}.$$

Tensiones de choque más altas entrañarán niveles de tensión de protección más elevadas debido a la inductancia de los hilos. Este nivel se atenuará en algunos puntos dentro del edificio, porque las tensiones de choque de frente escarpado sufren una atenuación importante en su propagación en las líneas de energía; interviniendo reducciones a la vez en la amplitud y la inclinación del frente [3].

Para los accesos de la alimentación en corriente alterna conectados a los circuitos de BT sin protección contra el rayo, la tensión de cresta se da aproximadamente igual a dos veces el nivel del rayo severo de 8 kV especificado en la Norma CEI 61000-2-5 para los circuitos de corriente alterna de 120-690 V. El nivel de 8 kV se aproxima al límite de tensión de los circuitos de alimentación de los edificios, debido a las distancias de recebado. Sin embargo, para los casos de probabilidad del 90% y del 99% en los conceptos 1A y 2A, se utiliza de manera conservadora un factor de 2,5 veces el nivel del rayo severo. Los valores basados en la justificación de limitar las crestas de tensión en los circuitos de baja tensión se dan en la tabla A.3.

**Tabla A.3**  
**Entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales en los circuitos de BT**  
(circuitos de baja tensión hasta 1 000 V)

Concepto de protección	Probabilidad 50% $V_{oc}/I_{sc}$	Probabilidad 90% $V_{oc}/I_{sc}$	Probabilidad 99% $V_{oc}/I_{sc}$	Línea enterrada $V_{oc}/I_{sc}$
6	5 V/0,05 A	15 V/0,15 A	40 V/0,4 A	5 V/0,05 A
5	50 V/0,5 A	150 V/1,5 A	400 V/4 A	50 V/0,5 A
3 y 4	500 V/5 A	1 500 V/15 A	4 kV/40 A	500 V/5 A
1B y 2B	8 kV/160 A	16 kV/160 A	16 kV/160 A	8 kV/160 A
1A y 2A	16 kV/320 A	20 kV/320 A	20 kV/320 A	25 kV/200 A

Las líneas de datos de entrada y de salida (E/S) y las líneas de energía de corriente continua se consideran cableados internos de edificios sin apantallamiento hasta 100 m de longitud. Se estima que la rigidez dieléctrica del aislamiento es igual al de los circuitos de energía de BT. Para las líneas inferiores a 100 m, se puede reducir la tensión de cresta de manera proporcional. Por ejemplo, se puede admitir que una línea de 50 m se someta a una tensión de impulso igual a la mitad de la de una línea de 100 m.

En la tabla A.4 se presentan los entornos de perturbaciones IEMN-GA conducidas iniciales para diferentes aplicaciones.

**Tabla A.4**  
**Entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA iniciales**

Concepto de protección	Emplazamiento del equipo	Probabilidad para las líneas de gran longitud (porcentaje)	Perturbaciones conducidas Corriente alterna	Perturbaciones conducidas Telecomunicaciones	Perturbaciones conducidas Acceso de datos E/S corriente continua
5	En el interior de un piso o de un edificio con un buen apantallamiento de RF (60 dB) y protección PdE	99	400 V	400 V	80 V
4	En el interior de un piso o de un edificio con apantallamiento de RF de nominal a bueno (40 dB) y protección nominal contra las sobretensiones y las perturbaciones electromagnéticas	90	2 kV	2 kV	1 kV
2B	En el interior de una estructura con barra armada con apantallamiento (20 dB) y protección nominal contra el rayo en la red de alimentación de corriente alterna	50	8 kV	8 kV Limitado por un tubo de gas u otra protección	2 kV
1A	En el interior de un edificio o de una habitación con apantallamiento de baja calidad <b>sin</b> protección contra el rayo en línea de transporte secundaria (BT)	50 99	16 kV 26 kV <sup>a</sup>	8 kV Limitado por un tubo de gas u otra protección	12 kV
1B	Directamente conectado a la línea de energía de tensión primaria (MT) con protección nominal contra el rayo	90	160 kV <sup>b</sup>	—	—

NOTA – Los conceptos de protección (en el interior de los edificios) constituyen una combinación de los efectos probables de los rayos y de los conceptos de protección dados en la Norma CEI 61000-2-11.

<sup>a</sup> Para las líneas enterradas sin ruptura dieléctrica del aislamiento. La ruptura dieléctrica del aislamiento puede modificar la perturbación real.

<sup>b</sup> Si la protección contra el rayo no se utiliza, utilizar un nivel dos veces el nivel de aislamiento de base (BIL) para el impulso de 1,2/50  $\mu$ s pero inferior a 1,6 MV. La impedancia de fuente debería ser igual a 400  $\Omega$   $\pm$  100  $\Omega$ .

**A.2.1.2 Selección de niveles de ensayo de inmunidad.** Las tensiones con amplitudes de corriente inferiores a 0,5 A no se consideran significativas como nivel de ensayo.

- El nivel de ensayo EC1 con una corriente de corto circuito de 1 A se utiliza para verificar que todos los accesos de datos y de telecomunicación están bien protegidos de acuerdo con los conceptos 5 y 6.
- Los niveles de ensayo EC2 y EC3 se utilizan para ensayar los accesos de energía a 120 V y 240 V en corriente alterna, de acuerdo, respectivamente, con los conceptos 5 y 6.
- El nivel de ensayo EC4 corresponde a los niveles definidos en la Norma CEI 61000-2-11 para los conceptos 3 ó 4 con una probabilidad del 50%, es decir, una probabilidad del 50% que las perturbaciones conducidas para el concepto 3 sean inferiores o iguales al valor presentado en la Norma CEI 61000-2-11. El nivel de ensayo EC4 corresponde igualmente al concepto 5 con una probabilidad del 99%.
- Los niveles de ensayo EC5 y EC6 corresponden a niveles definidos para los conceptos 3 ó 4 con una probabilidad del 90%, y del 99% respectivamente, mientras que EC7 corresponden también al concepto 4 con una probabilidad del 99%.
- El nivel de ensayo EC8 corresponde a un nivel definido en la Norma CEI 61000-2-11 para el concepto 1B o 2B, pero incluye los efectos potenciales de un exceso del nivel de ruptura dieléctrica de aislamiento del circuito y del nivel de protección de tensión de la protección contra el rayo, es decir, los SPD de BT.
- El nivel EC9 se destina a los ensayos de equipos conectados a la red eléctrica en los edificios sin protección de BT contra el rayo.
- El nivel EC10 se destina a los ensayos de los equipos situados en los edificios que tienen alimentaciones enterradas y sin protección de BT contra el rayo al nivel de la red.
- El nivel EC11 se destina a los ensayos de los equipos directamente fijados a una línea de energía de baja tensión sin protección contra el rayo.
- Los otros niveles son valores intermedios.

Los niveles de ensayo seleccionados se representan en la tabla 2.

Los niveles de ensayo corresponden a la tabla A.3 como se representa en la tabla A.5.

**Tabla A.5**  
**Niveles de ensayo de entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA iniciales para los circuitos de BT**  
 (circuitos de baja tensión hasta 1 000 V)

Concepto de protección	Probabilidad 50%	Probabilidad 90%	Probabilidad 99%	Línea enterrada
6	–	–	EC1	–
5	EC1	EC2	EC3	–
3 y 4	EC4	EC5	EC6 EC7	EC11 a 1 kV
1B y 2B	EC8	EC9	EC9	EC10 a 8 kV
1A y 2A	EC9	EC11 a 20 kV	EC11 a 20 kV	EC10

Los niveles de ensayos de inmunidad de los entornos de perturbaciones conducidas IEMN-GA iniciales para diferentes aplicaciones se presentan en la tabla A.6.

**Tabla A.6**  
**Ejemplo de niveles de ensayo de perturbaciones IEMN-GA iniciales para diferentes aplicaciones**

Concepto de protección	Emplazamiento del equipo	Probabilidad para las líneas de gran longitud (porcentaje)	Perturbaciones conducidas Corriente alterna	Perturbaciones conducidas Telecomunicaciones	Acceso de datos E/S
6 (interiores)	En el interior de una habitación que tiene un apantallamiento de RF excelente (80 dB) y una protección PdE (80dB)	99	EC4	EC1	–
5 (interiores)	En el interior de una habitación o de un edificio con buen apantallamiento de RF (60 dB) y una protección PdE	99	EC4	EC3	EC1
4 (interiores)	En el interior de una habitación o de un edificio con apantallamiento de RF de nominal a bueno (40 dB) y una protección contra las sobretensiones y las perturbaciones electromagnéticas	90	EC5	EC5	EC4
2B (interiores)	En el interior de una estructura con barra armada, red de corriente alterna y protección contra el rayo	50	EC8	EC8	EC5
1A (interiores)	En el interior de un edificio o de una habitación con apantallamiento de baja eficacia y <b>sin</b> protección contra el rayo sobre la línea de energía de baja tensión	50 99	EC9 EC10 <sup>a</sup>	EC8 EC10 <sup>a</sup>	EC9
1B (exteriores)	Directamente conectado a la línea de energía de media tensión con protección nominal contra el rayo	90	EC11	–	–

NOTA 1 – En la Norma CEI 61000-2-11 tabla 1 se dan los apantallamientos asociados a los criterios de protección. El nivel EC4 es el nivel mínimo recomendado para los accesos de energía debido al nivel normal de los transitorios observados en los circuitos de energía.

NOTA 2 – Los conceptos de protección (en el interior de los edificios) constituyen una combinación de efectos probables de los rayos y conceptos de protección dados en la Norma CEI 61000-2-11.

<sup>a</sup> Para los edificios con líneas enterradas. Para el transporte de energía de baja tensión con protección contra el rayo y líneas de telecomunicación con protección por tubo de gas, reducir el nivel a 8 kV.

### A.2.2 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones intermedias

La protección normalizada contra el rayo asegurará una protección adecuada contra las perturbaciones IEMN-GA conducidas intermedias. Para los conceptos de protección contra las perturbaciones IEMN-GA en los que no se utiliza la protección contra el rayo, debe tener en cuenta estos transitorios. De acuerdo con la Norma CEI 61000-2-11, la tensión de cresta de las perturbaciones conducidas es de 160 kV y la forma de onda transitoria es aproximadamente una onda de 25/1 500  $\mu$ s. Las tensiones de choque de conmutación, que tienen formas de ondas similares a la onda 25/1 500  $\mu$ s tienen un nivel de cebado aproximadamente igual al 80% del nivel de cebado de un impulso de 1,2/50  $\mu$ s. Así, los transitorios en las salidas eléctricas serán aproximadamente de 4,8 kV (80% de 6 kV). Se selecciona 4 kV como nivel normal. La forma de onda será modificada por el cebado, que causa a la vez una reducción del tiempo de subida y del tiempo de bajada. La forma de onda 10/700  $\mu$ s se selecciona para representar la tensión en los equipos de los edificios sin protección contra el rayo en corriente alterna. Para las líneas de telecomunicación, los dispositivos de protección por tubo de gas deberían dar una protección adecuada.

### A.2.3 Niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones finales

La perturbación IEMN-GA conducida final se caracteriza como una corriente cuasi continua unidireccional con una forma de 1/50 s. Esta perturbación solamente se producirá en las líneas conductoras de gran longitud que están conectadas a tierra en los dos extremos. Para las líneas de energía, esta puesta a tierra se realiza por los arrollamiento de los transformadores trifásicos en estrella o por transformadores monofásicos. Los efectos directos de esta perturbación IEMN-GA final no afectarán generalmente a los equipos conectados a los circuitos de energía de baja tensión, en la medida en que la corriente cuasi continua que pasa a través del transformador de un circuito primario hacia una salida secundaria de baja tensión será aproximadamente igual a cero. Muchas redes, como las de los principales países de Europa, utilizan transformadores trifásicos de arrollamiento en triángulo para distribuir la corriente eléctrica a las cargas monofásicas y trifásicas. Estos circuitos no tienen conexión a tierra en los dos extremos del circuito primario. Para las redes que utilizan transformadores monofásicos y de arrollamiento en estrella, la corriente cuasi continua a la salida de baja tensión será baja (del orden de algunos mA). Es la razón por la que los ensayos cuasi continuos para los accesos de corriente alterna de los equipos de baja tensión no están prescritos. Sin embargo, se debería tener en cuenta los efectos indirectos de las perturbaciones IEMN-GA finales a la salida de baja tensión para los requisitos de inmunidad a las perturbaciones IEMN-GA. Estos efectos indirectos provocan la producción de armónicos de la frecuencia industrial y oscilaciones de tensión. Una experiencia con un transformador de distribución saturado de 75 kVA ha dado armónicos de frecuencia industrial de alrededor del 5% al 8% de la tensión fundamental para los primeros armónicos [4].

Para los equipos directamente conectados a los circuitos de distribución primarios de MT y de transmisión de AT, así como a los circuitos de telecomunicación, se debería tener en cuenta la perturbación de corriente cuasi continua. El nivel máximo de corriente cuasi continua  $I$  (en amperios) se da por  $I = (L \times 40 \text{ V/km})/R$ , donde  $R$  es la resistencia total del circuito y  $L$  es la longitud de línea, en kilómetros. En la Norma CEI 61000-2-11 se determinan valores aproximados para la corriente de cortocircuito y la tensión a circuito abierto. Una corriente final de un circuito de transporte primario típico es 12 A. Esto concierne a un circuito que incluye un transformador de una subestación de 10 MVA con una resistencia de arrollamiento de 0,01  $\Omega$ , una resistencia de puesta a tierra de la subestación de 0,5  $\Omega$ , una línea de 10 km con una resistencia de 2,5  $\Omega$ , un transformador de distribución de 25 kVA con una resistencia de arrollamiento primario de 10  $\Omega$  y una resistencia de puesta a tierra de 20  $\Omega$  en el transformador de distribución. Si el transformador es objeto de ensayo, la tensión en circuito abierto es de 400 V y la corriente de cortocircuito de 23 A.

Para un sistema de transporte típico con una resistencia de 0,02  $\Omega$ /km para cada fase, una resistencia de arrollamiento de 0,15  $\Omega$  para dos transformadores en serie y 0,25  $\Omega$  para cada tierra de subestación, la tensión en circuito abierto para una línea de 100 km es de 4 000 V y la corriente de cortocircuito de 4 000/2,8  $\Omega$  o 1 429 A. La corriente de cortocircuito en uno de los transformadores es de 4 000V/2,65  $\Omega$  o 1 509 A. Los valores de los ejemplos anteriores y de la Norma CEI 61000-4-11 se han utilizado para desarrollar los niveles de ensayo de la tabla 4.

### A.3 Documentos y normas para consulta

- [1] Miller D.B., *Experimental Investigation of Steep-Front Duration (SFSD) Surge Effects on Power Systems Components*, ORLN-/Sub/87-91345, Lockheed Martin Energy Research Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, Mayo 1992.
- [2] CEI 61643-12<sup>4)</sup> – *Dispositivos contra las sobretensiones conectados a las redes de distribución de baja tensión. Parte 12: Criterios de selección y de utilización.*
- [3] Martloff F. D. and Wilson P. F., *Fast transient tests – trivial or terminal pursuit*, Proceedings, EMC Zurich Symposium, 1987.
- [4] McConnell B. W., et. al., *Impacts of Quasi-dc Currents on Three-Phase Distribution Transformer Installations*, ORLN/Sub/89-SE912/1, Lockheed Martin Energy Research Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, Junio 1992.
- [5] Barnes P. R. and Hudson T. L., *Steep-Front Short-Duration Voltage Surge Test of Power Line Filters and Transient Voltage Suppressors*, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 4, N° 2, Abril 1989.
- [6] Barnes P. R., et al., *Electromagnetic Pulse Research on Electric Power Systems – Program Summary and Recommendations*, ORLN-6708, Lockheed Martin Energy Research Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, Enero 1993.

---

4) A publicarse.

## ANEXO B (Informativo)

ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS PERTURBACIONES CONDUcidas  
APLICABLES A LAS ANTENAS

A continuación se examina el caso aproximado más desfavorable de la respuesta de cresta de una antena monopolo eléctrica vertical con una forma de onda IEMN-GA inicial dada. Las formas de ondas de entornos de perturbaciones conducidas en los accesos de la antena son sinusoidales amortiguadas con una frecuencia aproximada igual a la frecuencia central designada  $f_c$  de la antena.

Una forma simple de respuesta de la corriente de carga de la antena de una onda sinusoidal amortiguada, para una antena dipolo (o monopolo) se da por la ecuación (3) de la Norma CEI 61000-2-10, como:

$$I_L = k I_{\text{cresta}} e^{-\eta t} \sin(2\pi f_c t) \quad (3)$$

donde

$k$  es un factor normalizado;

$\eta$  es función de  $f_c$  y del coeficiente de amortiguación  $Q$  de la antena.

La forma de onda decrece para alcanzar casi el cero después de cuatro ciclos con una carga de antena de  $50 \Omega$ . Si se utiliza una antena de gran ganancia, se debería multiplicar los valores de cresta por la ganancia apropiada de la antena evaluada a la frecuencia central asignada de la antena  $f_c$ . La impedancia de la fuente para un simulador de perturbación conducida de antena es de  $50 \Omega$ .

La respuesta de tensión en circuito abierto  $V_a$  se da aproximadamente por

$$V_a = k V_{\text{cresta}} e^{-\eta t} \sin(\omega t) \quad (4)$$

donde

$$V_{\text{cresta}} = k I_{\text{cresta}};$$

$$\omega = 2\pi f_c; \text{ y}$$

$\eta$  es aproximadamente igual a  $0,5 f_c$ .

$V_{\text{cresta}}$  puede estimarse basándose en la tabla 4 de la Norma CEI 61000-2-10. Generalmente se considera como un caso razonablemente severo un ángulo de un hueco de 30% y una severidad del 90%.

Si se aplica la tabla 4,  $V_{\text{cresta}}$  se da aproximadamente en kilovoltios para las antenas VHF y UHF por

$$V_{\text{cresta}} = 1\,800 / f_c \quad (5)$$

donde

$f_c$  se da en MHz.

El valor de  $k$  en la ecuación (4) es

$$k = 10^{(G-g)/10} \quad (6)$$

donde

$G$  es la ganancia de la antena con relación a un dipolo de semionda, en decibelios;

$g$  es igual a 3 dB para tener en cuenta el valor de la antena monopolo de cuarto de onda utilizado a continuación.

Si la ganancia de la antena se refiere a la de una antena isotrópica, se recomienda utilizar un valor de 5 dB para  $g$ .

Los valores aproximados de  $V_{\text{cresta}}$  para las bandas de comunicaciones seleccionadas se dan a continuación:

En VHF banda inferior (30 MHz):  $V_{\text{cresta}} = 60 \text{ kV}$

En VHF banda inferior (50 MHz):  $V_{\text{cresta}} = 36 \text{ kV}$

En VHF banda superior (150 MHz):  $V_{\text{cresta}} = 12 \text{ kV}$

En banda UHF (220 MHz):  $V_{\text{cresta}} = 8 \text{ kV}$

En banda superior UHF (450 MHz):  $V_{\text{cresta}} = 4 \text{ kV}$

Para las antenas con una protección nominal contra el rayo con una tensión de ruptura dieléctrica continua de alrededor de 1 500 V, debe utilizarse  $V_{\text{cresta}} \geq 4 \text{ kV}$ .



## ANEXO C (Informativo)

### ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS PERTURBACIONES CONDUCCIDAS

Los generadores, configuraciones y procedimientos de ensayo para los ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas son los mismos que los requeridos por las normas básicas citadas como referencia en la tabla 6. Los niveles EC 10, EC11 y LC1 – LC4 hacen referencia a esta norma y las especificaciones para los generadores de ensayo se presenta en los apartados 6.2.1.1, 6.2.1.2 y 6.2.1.3. Este anexo describe estos niveles de ensayo de inmunidad.

#### C.1 EC10 y EC11

En la figura C.1 se da un esquema funcional general para el montaje de ensayo de los niveles EC10 y EC11. La altura del soporte aislante para el equipo sometido a ensayo debe ser de  $0,1 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$  por encima del plano del suelo. En el caso de equipos o sistemas con mesa incorporada, el equipo sometido a ensayo debe colocarse a una altura de  $0,8 \text{ m} \pm 0,08 \text{ m}$  por encima del plano del suelo. Se debe instalar una conexión de tierra entre el plano del suelo y el equipo sometido a ensayo de acuerdo con la especificación del fabricante. La distancia mínima entre el equipo sometido a ensayo y otras superficies conductoras es de 0,5 m. El montaje de ensayo, los requisitos de instrumentación y el procedimiento de ensayo para estos niveles son similares a los de la Norma CEI 61000-4-4.

Un esquema de circuito simplificado y un generador de impulso, así como la forma de onda de impulso para el nivel de ensayo de inmunidad EC10 se representan, respectivamente, en las figuras C.2 y C.3. Para los detalles que conciernen a los elementos del circuito en la figura C.2, véase la Norma CEI 61000-4-4. Los valores de estos elementos deberán modificarse de manera adecuada para obtener la forma de onda de la figura C.3. En la figura C.4 se da un ejemplo del esquema del circuito para un generador EC11. En la figura C.5 se da la forma de onda para EC11. Véase [1]<sup>5)</sup> para las informaciones sobre los elementos del circuito de la figura C.4.

#### C.2 Niveles de inmunidad LC

En las figuras C.6 y C.7 se representan, respectivamente, el generador de ensayo para la inmunidad a las perturbaciones conducidas finales y la forma de onda del impulso. Para los niveles LC1 y LC2 se puede diseñar un generador con un condensador cargado a un nivel de tensión continua y después descargado en el equipo sometido a ensayo con los circuitos de conexión y de desconexión adecuados. Para LC3 y LC4, puede utilizarse una fuente continua como generador de impulsos lentos. Para los circuitos en tensión, serán necesarias redes de conexión y desconexión para impedir cualquier daño del generador de impulsos lentos de corriente alterna o continua y para impedir que se propaguen los impulsos lentos en la fuente de energía.

#### C.3 Documentos para consulta

- [1] Ramus A., *Design Concepts for a Pulse Power Test Facility to Simulated EMP Surges in Overhead Power Lines. Part I Fast Pulse*, ORLN-/Sub/84-89642/1, Lockheed Martin Energy Research Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, Febrero 1986.
- [2] Dethlefsen R., *Design Concepts for a Pulse Power Test Facility to Simulated EMP Surges in Overhead Power Lines. Part II Slow Pulse*, ORLN-/Sub/84-89642/2, Lockheed Martin Energy Research Corporation, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, Octubre 1985<sup>6)</sup>.

5) Las cifras entre corchetes remiten al capítulo C.3.

6) Los documentos arriba referenciados están disponibles en: National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce. 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161.

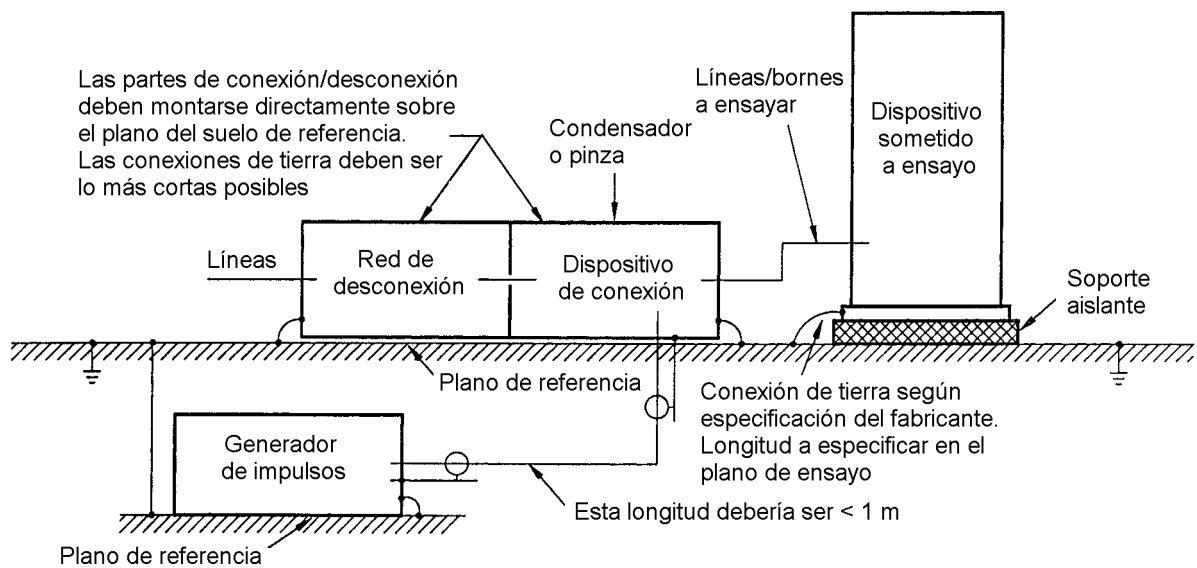
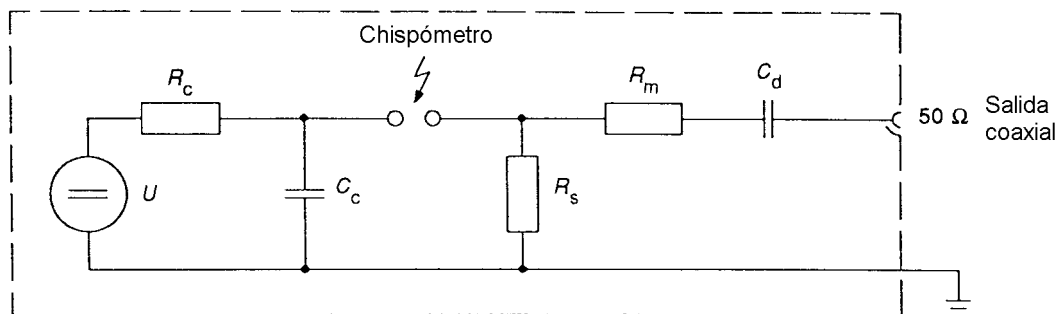


Fig. C.1 – Esquema funcional para los ensayos de inmunidad EC10 y EC11



Leyenda:

- $U$  = fuente de alta tensión
- $R_c$  = resistencia de carga
- $C_c$  = condensador de almacenamiento de energía
- $R_s$  = resistencia de dimensionamiento de la duración del impulso
- $R_m$  = resistencia de adaptación de impedancia
- $C_d$  = condensador de bloqueo de la corriente continua.

Fig. C.2 – Ejemplo de esquema del circuito simplificado de un generador de transitorios rápidos/en ráfagas

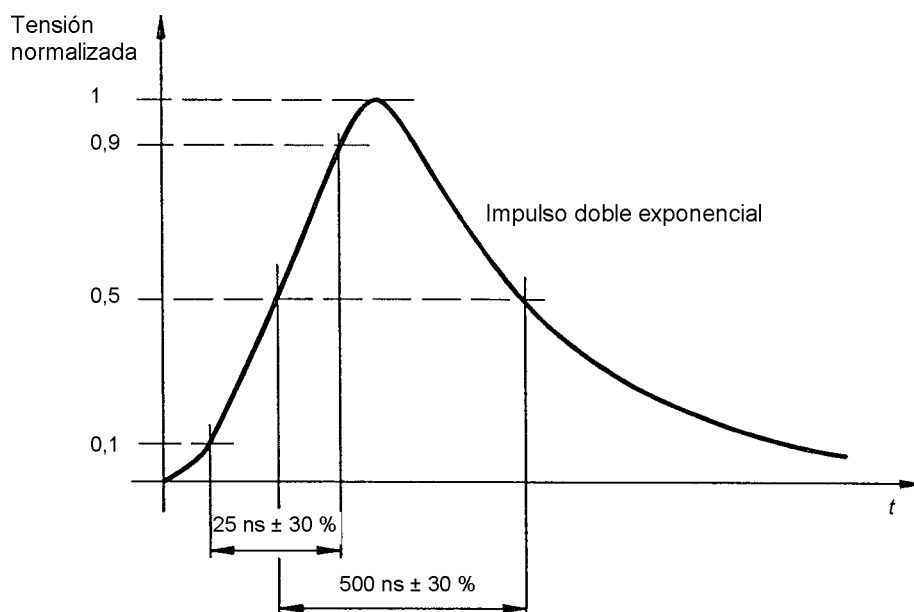


Fig. C.3 – Forma de onda de un impulso EC10 con una carga de  $50 \Omega$

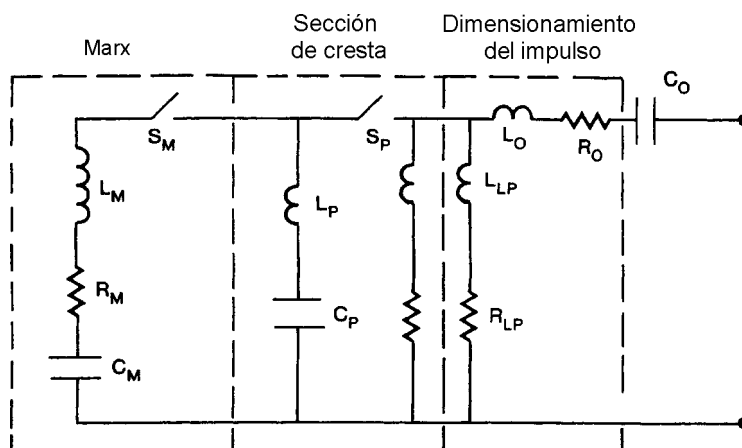
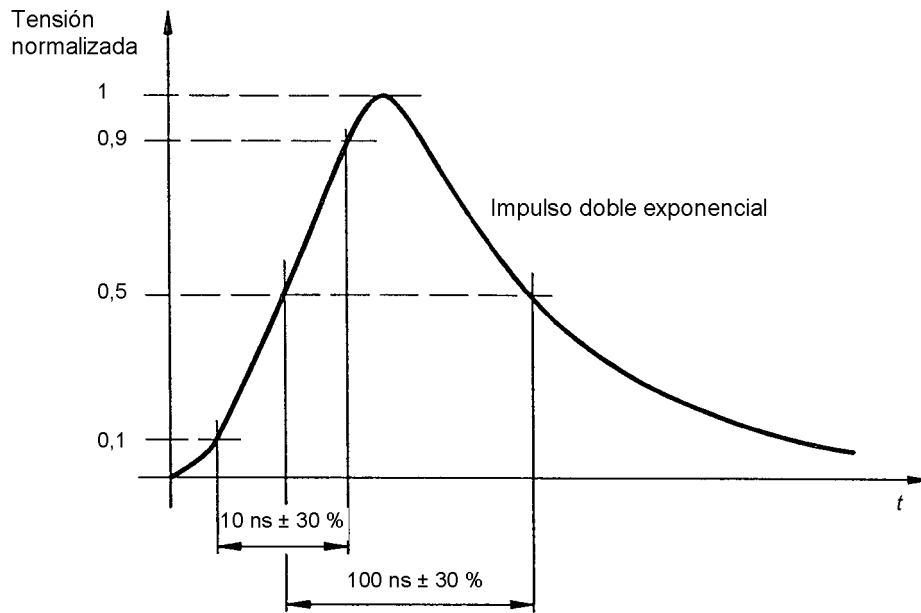
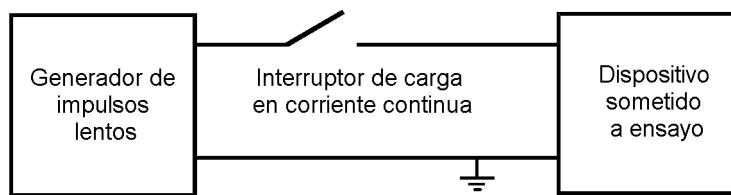


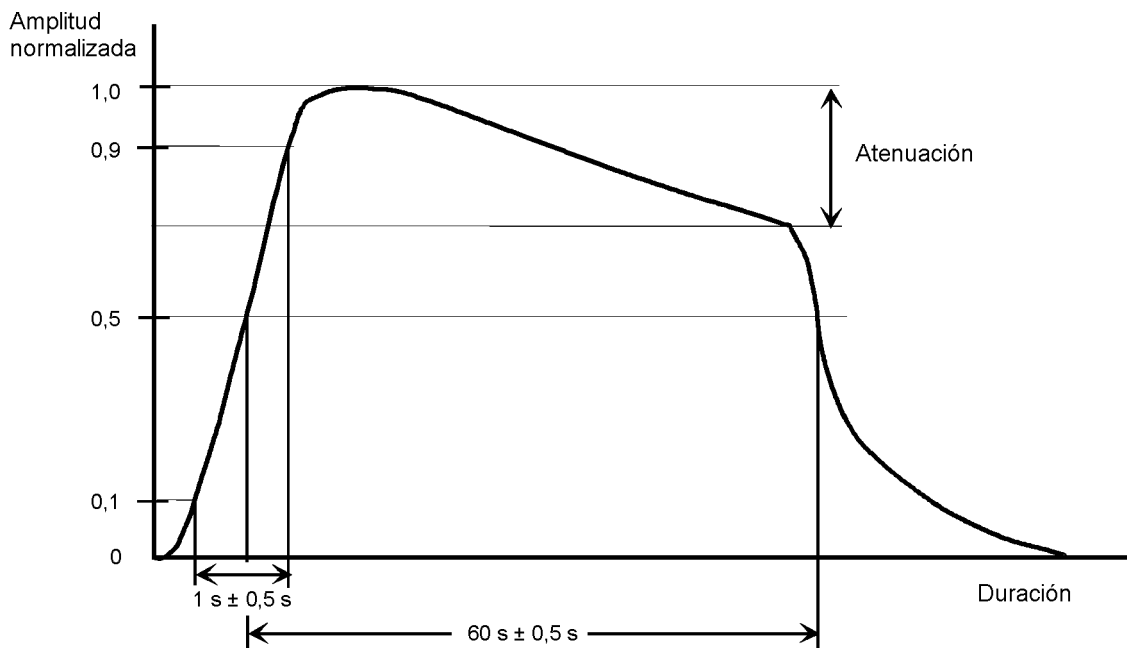
Fig. C.4 – Ejemplo de un generador EC11 (véase el capítulo C.1 para los detalles)



**Fig. C.5 – Forma de onda de un impulso EC11 con una carga de 50 Ω**



**Fig. C.6 – Esquema funcional simplificado para los niveles de ensayos de inmunidad LC**



**Fig. C.7 – Forma de onda de impulso lento LC**

**ANEXO D (Normativo)**

**ENSAYO DE ONDA OSCILATORIA AMORTIGUADA**

La Norma CEI 61000-2-11 define una onda oscilatoria amortiguada de 10 MHz como una perturbación conducida de bajo nivel. Las respuestas reales del sistema darán lugar a frecuencias inferiores y superiores a 10 MHz, comprendidas aproximadamente entre 1 MHz y 100 MHz, con un predominio en muchos sistemas de valores comprendidos entre 1 MHz y 10 MHz. Este anexo describe una modificación del ensayo de la Norma ISO para cumplir con los requisitos de los ensayos de inmunidad a los IEMN-GA. Una norma alemana y una norma US/OTAN se presentan igualmente como alternativas al ensayo de la norma ISO.

**D.1 Norma ISO 7137**

El procedimiento de ensayo de la Norma ISO 7137 para el ensayo de la onda oscilatoria amortiguada corresponde al método de ensayo 3.8 de susceptibilidad a los transitorios inducidos del rayo. El documento ISO cita un documento común EUROCAE y RTCA para este ensayo. La onda oscilatoria amortiguada es la forma de onda 3 y el método de ensayo el descrito en el apartado 22.5.2.1 de la Sección 22 del documento EUROCAE/ED-14C y RTCA/DO-160C, modificado de acuerdo con la revisión No.2 (1992-06-19). Los procedimientos de ensayo se describen a la vez para los ensayos de haces de cables apantallados y no apantallados.

**Tabla D.1**  
**Procedimiento de ensayo número 3.8 de la Norma ISO 7137**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}$ V	$I_{sc}$ A	Frecuencias de formas de ondas (número de forma de onda 3) MHz	Gama aproximada para $Q^a$	Nivel de severidad en la norma básica <sup>b</sup>
EC1	100	1	1 y 10	6-33	No aplicable
EC2	250	2,5	1 y 10	6-33	No aplicable
EC3	500	5	1 y 10	6-33	No aplicable
EC4	1 000	10	1 y 10	6-33	No aplicable
EC5	2 000	20	1 y 10	6-33	No aplicable
EC6	4 000	40	1 y 10	6-33	No aplicable

<sup>a</sup> Ajustar  $Q$  para variarlo entre 5-20.  
<sup>b</sup> Ajustar la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito del generador a los valores dados en la tabla D.1.

En los capítulos D.2 y D.3 se dan dos ensayos a elegir.

**D.2 Norma VG 96-903, Parte 70**

La norma alemana VG da un método para los ensayos de inyección directos. El método de ensayo y el generador de inyección se describen en el capítulo D.4, referencias [1] y [2].

**Tabla D.2**  
**Ensayo de inyección de corriente VG**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}^a$ V	$I_{sc}^a$ A	Frecuencias de formas de ondas MHz	Gama aproximada para $Q$	Clase de valor límite en la norma VG
EC1	100	1	10, 30 y 70	15	3
EC2 <sup>b</sup>	250	2,5	10, 30 y 70	15	No disponible
EC3 <sup>b</sup>	500	5	10, 30 y 70	15	No disponible
EC4	1 000	10	10, 30 y 70	15	2
EC5 <sup>b</sup>	2 000	20	10, 30 y 70	15	No disponible
EC6 <sup>b</sup>	4 000	40	10, 30 y 70	15	No disponible

<sup>a</sup> Las amplitudes para 30 MHz y 70 MHz son del 35% y del 15% respectivamente de las que se dan para 10 MHz.

<sup>b</sup> Ajustar la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito del generador a los valores representados en la tabla D.2.

NOTA – Para apantallamientos de los cables de impedancia muy baja, utilizar la corriente de cortocircuito.

### D.3 Norma MIL-STD-461-E, Susceptibilidad conducida (CS116)

Este ensayo da la inyección de corriente sin tener en cuenta la tensión necesaria. Para utilizar esta norma, la corriente inyectada debería ser igual a la mitad de la corriente de cortocircuito indicado en la tabla, considerando que la impedancia del generador se ajusta para que sea igual a la de la carga. Esta norma se describe en la referencia [3].

**Tabla D.3**  
**MIL-STD-461-E**

Nivel de ensayo de inmunidad	$V_{oc}^a$ V	$I_{sc}^a$ A	Frecuencias de formas de ondas MHz	Gama aproximada para $Q$	Nivel de corriente en la Norma MIL-STD-461-E A
EC1	100	1	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	0,5
EC2	250	2,5	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	1,25
EC3	500	5	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	2,5
EC4	1 000	10	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	5
EC5	2 000	20	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	10
EC6	4 000	40	1, 10 y 30	$15 \pm 5$	20

NOTA – Para los apantallamientos de los cables de impedancia muy baja, utilizar la corriente de cortocircuito.

#### **D.4 Documentos para consulta**

- [1] VG 96-903, Part 78, *Nuclear electromagnetic pulse (HEMP) and lightning protection: Test Methods, test equipment and limiting values. Test method LF 78, direct injection of HEMP interference into cables and cables harnesses of general purpose equipment*, Noviembre, 1998.
- [2] VG 96-903, Part 708, *Nuclear electromagnetic pulse (HEMP) and lightning protection: Test Methods, test equipment and limiting values. Test method LF 70, direct injection of HEMP interference into terminals*, Noviembre, 1998.
- [3] MIL-STD-461E, *Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment, Section 5.14, CS116, Conducted susceptibility, damped sinusoidal transients, cables and power leads, 10 kHz to 100 MHz*, 20 Agosto 1999.

## 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 – Cuando una norma internacional haya sido modificada por modificaciones comunes CENELEC, indicado por (mod), se aplica la EN/HD correspondiente.

<b>Norma Internacional</b>	<b>Fecha</b>	<b>Título</b>	<b>EN/HD</b>	<b>Fecha</b>	<b>Norma UNE correspondiente<sup>1)</sup></b>
CEI 60050-161	– <sup>2)</sup>	Vocabulario Electrotécnico (VEI). Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética	–	–	UNE 21302-161:1992
CEI 60038 (mod)	– <sup>2)</sup>	Tensiones normales de CEI	HD 472 S1	1989 <sup>4)</sup>	UNE 21301:1991
CEI 60068-1	1988	Ensayos ambientales. Parte 1: Generalidades y guía	EN 60068-1 <sup>5)</sup>	1994	UNE-EN 60068-1:1997
CEI 61000-2-5	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-5: Entorno. Clasificación de los entornos electromagnéticos. Norma básica de CEM	–	–	–
CEI 61000-2-9	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-9: Entorno. Descripción del entorno IEMN-GA. Perturbaciones radiadas	EN 61000-2-9	1996 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-2-9:1998
CEI 61000-2-10	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-10: Entorno. Descripción del entorno IEMN-GA. Perturbaciones conducidas	EN 61000-2-10	1999 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-2-10:2000
CEI 61000-2-11	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-11: Entorno. Clasificación del entorno IEMN-GA	–	–	–
CEI 61000-4-4	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-4: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas	EN 61000-4-4	1995 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-4-4:1997
CEI 61000-4-5	– <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas de choque	EN 61000-4-5	1995 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-4-5:1997

*(Continúa)*



Norma Internacional	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente <sup>1)</sup>
CEI 61000-4-11	- <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-11: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión	EN 61000-4-11	1994 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-4-11:1997
CEI 61000-4-12	- <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-12: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a las ondas oscilatorias	EN 61000-4-12	1995 <sup>4)</sup>	UNE-EN 61000-4-12:1997
CEI 61000-4-13	- <sup>6)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-13: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los armónicos, interarmónicos, que incluyen las señales transmitidas en la red eléctrica alterna. Norma básica de CEM	EN 61000-4-13	- <sup>6)</sup>	-
CEI 61000-4-20	- <sup>6)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-20: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de emisión e inmunidad de guías de ondas (TEM)	-	-	-
CEI 61000-5-3	- <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 5: Guías de instalación y de atenuación. Sección 3: Conceptos de protección IEMN-GA	-	-	-
CEI/TR 61000-5-4	- <sup>2)</sup>	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 5: Guías de instalación y de atenuación. Sección 4: Dispositivos de protección contra las perturbaciones radiadas IEMN-GA	-	-	-
CEI 61024-1 (mod)	- <sup>2)</sup>	Protección de las estructuras contra el rayo. Primera parte: Principios generales	-	-	-
ISO 7137	- <sup>2)</sup>	Aeronáutica. Condiciones ambientales y procedimientos de ensayo para los equipos embarcados	-	-	UNE 28544:1984

- 1) Esta columna se ha introducido en el anexo original de la norma europea únicamente con carácter informativo a nivel nacional.
- 2) Referencia sin fecha.
- 3) El Documento de Armonización HD 472 S1 se titula: Tensiones nominales de las redes eléctricas de distribución pública en baja tensión.
- 4) Edición válida en la fecha de publicación.
- 5) La Norma EN 60068-1 incluye el corrigendum de octubre de 1988 y la Modificación A1:1992 a la Norma CEI 60068-1.
- 6) En preparación.

---

---

**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**