

Marzo 1998

TÍTULO

Compatibilidad electromagnética (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields.

Compatibilité électromagnétique (CEM). Partie 4: Techniques d'essai et de mesure. Section 6: Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 61000-4-6 de julio 1996, que a su vez adopta la Norma Internacional CEI 1000-4-6:1996 + corrigendum de septiembre 1996.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

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

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 9157:1998

©AENOR 1998
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

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

46 Páginas

Grupo 28

ICS 29.020

Descriptores: Perturbación radioeléctrica, equipo, electrónica, electricidad, compatibilidad electromagnética, material eléctrico, material electrónico, interferencia electromagnética.

Versión en español

Compatibilidad electromagnética (CEM)
Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida
Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas,
inducidas por los campos de radiofrecuencia
(CEI 1000-4-6:1996)

Electromagnetic compatibility (EMC).
Part 4: Testing and measurement
techniques. Section 6: Immunity to
conducted disturbances, induced by
radio-frequency fields.
(IEC 1000-4-6:1996).

Compatibilité électromagnétique (CEM).
Partie 4: Techniques d'essai et de
mesure. Section 6: Immunité aux
perturbations conduites, induites par les
champs radioélectriques.
(CEI 1000-4-6:1996).

Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV). Teil 4: Prüf- und
Meßverfahren. Hauptabschnitt 6:
Leitungsgeführte Störgrößen,
induziert durch hochfrequente
Felder. (IEC 1000-4-6:1996).

Esta Norma Europea ha sido aprobada por CENELEC el 1996-07-02. Los miembros de CENELEC están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la Norma Europea como norma nacional.

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

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

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

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

©1996 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CENELEC.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	8
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	9
2 NORMAS PARA CONSULTA	9
3 GENERALIDADES	10
4 DEFINICIONES	10
5 NIVELES DE ENSAYO	11
6 EQUIPO DE ENSAYO	12
6.1 Generador de ensayo	12
6.2 Dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento	13
6.3 Verificación de la impedancia en modo común en el acceso al ESE de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento	15
6.4 Ajuste del generador de ensayo	16
7 INSTALACIÓN DE ENSAYO PARA EQUIPOS DE MESA Y SOBRE EL SUELO	17
7.1 Normas a aplicar para la selección de los puntos de ensayo y los métodos de inyección	17
7.2 Procedimiento para la aplicación correcta de la inyección por pinza	19
7.3 Procedimiento para la aplicación de la inyección por pinza cuando no se pueden cumplir las condiciones de impedancia en modo común	20
7.4 ESE constituido por una sola unidad	20
7.5 ESE constituido por varias unidades	20
8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	21
9 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS E INFORME	22
TABLAS	
1 Niveles de ensayo	11
2 Características del generador de ensayo	13
3 Parámetro principal del dispositivo de acoplamiento y desacoplamiento	13
E.1 Potencia de salida del amplificador de potencia necesario para la obtención de un nivel de ensayo de $10 V_{f.e.m.}$	45

	Página
FIGURAS	
1	Indicaciones para la selección del método de inyección 18
2	Ensayo de inmunidad a las perturbaciones de radiofrecuencia (RF) conducidas . . . 23
3	Instalación del generador de ensayo 24
4	Definición de las formas de onda producidas en la salida de acceso al ESE de un dispositivo de acoplamiento (f.E.M. en el nivel 1 de ensayo) 25
5	Indicaciones para el acoplamiento y el desacoplamiento 26
6	Indicaciones para el acoplamiento y desacoplamiento según el método de inyección por pinza 28
7	Detalles de las instalaciones y componentes empleados para verificar las características principales de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento, y de los adaptadores de 150 Ω a 50 Ω 28
8	Instalación para ajuste del nivel (véase 6.4.1) 30
9	Ejemplo de una instalación de ensayo con un sistema de una sola unidad para equipos de seguridad de clase II (véase CEI 536) 31
10	Ejemplo de una instalación de ensayo con un sistema de varias unidades, considerado como un sistema de una sola unidad para equipos de seguridad de clase II (véase CEI 536) 32
A.1	Configuración del circuito de ajuste del nivel en una instalación de ensayo de 50 Ω . 34
A.2	Disposición de la instalación de ensayo de 50 Ω 34
A.3	Detalles constructivos de la pinza electromagnética (EM) 35
A.4	Concepto de pinza EM (pinza ElectroMagnética) 36
A.5	Factor de acoplamiento de la pinza electromagnética (EM) 36
A.6	Indicación general sobre la instalación del ensayo empleándose pinzas de inyección . 37
A.7	Ejemplo de ubicación de los equipos sometidos a ensayo sobre el plano de referencia (vista en planta) con empleo de pinzas de inyección 37
B.1	Frecuencia inicial en función de la longitud de los cables y del tamaño de los equipos 39
D.1	Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-S1 empleándose cables apantallados (véase 6.2.1) 42
D.2	Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-M1/-M2/-M3 empleándose cables de alimentación no apantallados(véase 6.2.2.1) 42

	Página
D.3 Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-AF2 empleándose líneas desequilibradas no apantalladas (véase 6.2.2.3)	43
D.4 Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T2 empleándose pares equilibrados no apantallados(véase 6.2.2.2)	43
D.5 Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T4 empleándose pares equilibrados no apantallados(véase 6.2.2.2)	44
D.6 Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T8 empleándose pares equilibrados no apantallados(véase 6.2.2.2)	44
 ANEXOS	
A INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE EL MÉTODO DE INYECCIÓN POR PINZA	33
B CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MARGEN DE FRECUENCIAS APLICABLE .	38
C INDICACIONES PARA LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO	40
D INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE LAS REDES DE ACOPLAMIENTO Y DESACOPLOMIENTO	41
E INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE LAS ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR DE ENSAYO	45

ANTECEDENTES

El texto del documento 65A/165/FDIS - 77B/144/FDIS, futura edición 1 de la CEI 1000-4-6, preparado por el Subcomité 65A, Aspectos de sistemas, del Comité Técnico 65, Medida y control de procesos industriales, de CEI y por el Subcomité 77B, Fenómenos de alta frecuencia, del Comité Técnico 77, Compatibilidad electromagnética, de CEI, fue sometido al voto paralelo CEI-CENELEC y fue aprobado por CENELEC como EN 61000-4-6 el 1996-07-02.

Se fijaron las siguientes fechas:

- Fecha límite en la que la EN debe ser adoptada a nivel nacional por publicación de una norma nacional idéntica o por ratificación (dop)1997-04-01
- Fecha límite de retirada de las normas nacionales divergentes (dow)1997-04-01

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 A y ZA son normativos y los anexos B, C, D y E son informativos.

El anexo ZA ha sido añadido por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional CEI 1000-4-6:1994 fue aprobado por CENELEC como norma europea sin ninguna modificación.

INTRODUCCIÓN

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

Parte 1: Generalidades

Consideraciones generales (introducción, principios generales)

Definiciones, terminología.

Parte 2: Entorno

Descripción del entorno

Clasificación del entorno

Niveles de compatibilidad

Parte 3: Límites

Límites de emisión

Límites de inmunidad (en la medida en que no corresponden a la responsabilidad de los comités de 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 dividida en secciones que serán publicadas como normas internacionales, o como Informes Técnicos.

COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (CEM)

Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida

Sección 6: Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta sección de la Norma Internacional CEI 1000-4 trata sobre los requisitos relativos a la inmunidad conducida de equipos eléctricos y electrónicos a las perturbaciones electromagnéticas provocadas por transmisores de alta frecuencia (RF), en el rango de frecuencias de 9 kHz a 80 MHz. Se excluyen equipos que no disponen ni siquiera de un cable conductor (tales como redes de alimentación, líneas de transmisión de señales o conexiones de puesta a tierra) que pueden acoplar los equipos con los campos perturbadores de alta frecuencia (RF).

NOTA – En esta sección se definen los métodos de ensayo para medir el efecto de las perturbaciones conducidas, inducidas por radiaciones electromagnéticas sobre los equipos referidos. La simulación y las medidas de las perturbaciones conducidas no son lo suficientemente exactas como para determinar cuantitativamente los efectos. Los métodos de ensayo definidos han sido puestos a punto principalmente para obtener una buena reproducibilidad de los resultados en diferentes instalaciones de ensayo para un análisis cualitativo de los efectos.

En esta norma no se trata de especificar los ensayos a aplicar a equipos o sistemas particulares. El objetivo principal es dar una referencia básica general para todos los comités de producto de CEI implicados. Los comités de producto (o los fabricantes y usuarios de equipos) son los responsables de una adecuada selección de los ensayos y del nivel de severidad a aplicar a los equipos.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Los siguientes documentos normativos contienen disposiciones que, por medio de su referencia en este texto, constituyen disposiciones válidas para la presente sección de la CEI 1000-4. En el momento de la publicación, las ediciones indicadas están en vigor. Todos los documentos normativos están sujetos a revisión y las partes destinadas a acuerdos basados en esta sección de la CEI 1000-4 están orientadas a investigar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos indicados a continuación. Los miembros de la CEI y de ISO, poseen el registro de las normas internacionales en vigor.

CEI 50(131):1978 – *Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 131: Circuitos eléctricos y magnéticos.*

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

CEI 1000-4-3:1995 – *Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.*

CISPR 16-1:1993 – *Especificaciones de los métodos y de los aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte 1: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas.*

CISPR 20:1990 – *Límites y métodos de medida de las características de inmunidad de los receptores de radiodifusión y de televisión y equipos asociados.*

3 GENERALIDADES

La fuente de las perturbaciones referidas en esta sección de la CEI 1000-4 es fundamentalmente un campo electromagnético, proveniente de transmisores de alta frecuencia, que pueden afectar a todo lo largo de los cables conectados a equipos. Las dimensiones de los equipos perturbados, que en la mayor parte de los casos forma un subconjunto de un sistema más grande, se asume que son menores en comparación con las longitudes de onda implicadas. Los conductores de entrada y salida, así como los cables de conexión, líneas de telecomunicación, cableado intermedio, se comportan como redes de antenas receptoras pasivas, ya que pueden corresponder a varias longitudes de onda.

Entre estas redes de cables, los equipos susceptibles están expuestos a intensidades que fluyen a "través" de éstos. Los sistemas de cableado conectados a los equipos se supone que están en resonancia ($\lambda/4$, dipolos $\lambda/2$ abiertos o plegados) y como tales se representan por dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento cuya impedancia en modo común es de 150Ω con relación a un plano de referencia.

En este método de ensayo, se somete al ESE a una fuente de perturbaciones que incluye campos eléctricos y magnéticos que simulan intencionadamente señales procedentes de transmisores de radiofrecuencia. Los campos perturbadores (E y H) se simulan por campos eléctricos y magnéticos próximos resultantes de las tensiones e intensidades obtenidas en la instalación de ensayo representada en la figura 2a.

El empleo de dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento para la aplicación de la señal de la perturbación a un solo cable cada vez, mientras se mantienen los demás sin excitar, véase la figura 2a, constituye una aproximación a la situación real (todas las fuentes de perturbaciones afectan a todos los cables simultáneamente, en un margen de diferentes amplitudes y fases).

Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento están definidos por sus características enunciadas en el apartado 6.2. Se puede emplear cualquier dispositivo de acoplamiento y desacoplamiento que cumpla con dichas características. Las redes de acoplamiento y desacoplamiento descritas en el anexo D no son más que ejemplos disponibles en el mercado.

4 DEFINICIONES

Para los fines de esta norma internacional, se aplican las siguientes definiciones, junto con las Normas CEI 50(161).

4.1 mano artificial: Red eléctrica que simula la impedancia del cuerpo humano existente entre un aparato eléctrico sostenido en la mano y la tierra en condiciones medias de operación.
[VEI 161-04-27]

NOTA – Su instalación debe hacerse conforme a la norma CISPR 16-1 de CEI.

4.2 equipo auxiliar (EA): Equipo necesario para suministrar al ESE las señales requeridas para un funcionamiento normal, e instrumentos para verificar las características de funcionamiento del equipo sometido a ensayo.

4.3 inyección por pinza: La inyección por pinza se obtiene por medio de un dispositivo de inyección de "intensidad" a través de un cable.

- **pinza de intensidad:** Transformador cuyo secundario es un cable en el que se efectúa la inyección.
- **pinza electromagnética (pinza EM):** Dispositivo de inyección con acoplamiento combinado inductivo y capacitivo.

4.4 impedancia en modo común: Relación en un acceso especificado, entre la tensión en modo común y la intensidad en modo común.

NOTA – Esta impedancia en modo común se puede determinar aplicando una tensión unidad en modo común entre los bornes o la pantalla de este acceso y un plano de referencia (punto). La corriente de modo común obtenida se mide después como suma vectorial de todas las corrientes circulantes por el(los) borne(s) y la pantalla, véase también las figuras 8a y 8b.

4.5 factor de acoplamiento: Relación entre la tensión a circuito abierto (f.e.m.) en el acceso de entrada al ESE del circuito de acoplamiento (y de desacoplamiento) y la tensión a circuito abierto en la salida del generador.

4.6 red de acoplamiento: Circuito eléctrico con una impedancia definida para transferencia de energía desde un circuito a otro.

NOTA – Las redes de acoplamiento y desacoplamiento pueden estar integradas en una unidad [red de acoplamiento y red de desacoplamiento (RAD)] o en redes separadas (comúnmente inyección por pinza).

4.7 red de desacoplamiento: Circuito eléctrico con el objeto de impedir que las señales de ensayo aplicadas al ESE afecten a otros aparatos, equipos o sistemas que no forman parte del ensayo.

4.8 ESE: Equipo sometido a ensayo.

4.9 generador de ensayo: Generador (generador de RF, fuente de modulación, atenuadores, amplificadores de potencia de banda ancha y filtros) capaz de producir las señales requeridas (véase figura 3).

4.10 fuerza electromotriz (f.e.m.): Tensión en bornes de la fuente ideal de tensión incluida en la representación de un elemento activo. [VEI 131-01-38]

4.11 resultado de medida, U_{mr} : Valor de la tensión leída en el instrumento de medida.

4.12 relación de las ondas estacionarias de tensión (ROE): Relación entre un valor máximo y uno mínimo adyacente de amplitud de la tensión de la línea.

5 NIVELES DE ENSAYO

No se requiere ningún ensayo para perturbaciones inducidas causadas por campos electromagnéticos provenientes de transmisores RF intencionadas en el rango de frecuencias de 9 kHz a 150 kHz.

Tabla 1
Niveles de ensayo

Margen de frecuencias 150 kHz – 80 MHz		
Nivel	Nivel de tensión (f.e.m.)	
	U_0 [dB(μ V)]	U_0 [V]
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ¹⁾	especial	

1) X es un nivel abierto.

En la tabla 1 vienen indicados los niveles de ensayo a circuito abierto (f.e.m.) de la señal de la perturbación sin modular expresados en valor eficaz. Los niveles de ensayo se fijan en el acceso del ESE a los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento, véase 6.4.1. Para el ensayo de los equipos, se modula al 80% la amplitud de la señal con una onda sinusoidal de 1 kHz que simula lo realmente esperado. En la figura 4 se muestra el efecto de la modulación de la amplitud. En el anexo C se dan indicaciones para la selección de los niveles de ensayo.

NOTAS

- 1 En la Norma CEI 1000-4-3 también se definen los métodos de ensayo para establecer la inmunidad de equipos eléctricos y electrónicos a la energía radiada. En esta se cubren las frecuencias por encima de 80 MHz. Los comités de productos pueden decidir la selección de una frecuencia de transición que sea superior o inferior (véase en el anexo B).
- 2 Los comités de productos tienen la posibilidad de elegir otras alternativas en cuanto a la modulación.

6 EQUIPO DE ENSAYO

6.1 Generador de ensayo

El generador de ensayo incluye todos los equipos y componentes empleados para suministrar la señal de la perturbación, con el nivel requerido en el acceso de entrada de cada red de acoplamiento en el punto estipulado. Un conjunto típico puede comprender los siguientes elementos que pueden estar separados o integrados en uno o varios instrumentos de ensayo (véase 4.9 y figura 3).

- generadores de señal RF, G1, que pueden cubrir la banda de frecuencias que interese y que se pueden modular en amplitud por una onda sinusoidal de 1 kHz, con una profundidad del 80%. Deben disponer de capacidad de barrido automático $\leq 1,5 \times 10^{-3}$ décadas/s y/o mando manual, o bien en el caso de sintetizadores RF, deben ser programables por escalones de tamaños y tiempos fijados dependientes de la frecuencia;
- un atenuador, T1, (típicamente 0 dB ... 40 dB) que presente unas características adecuadas de frecuencia que permitan controlar el nivel de salida de la fuente de las perturbaciones. El atenuador T1 puede estar incorporado en el generador de RF;
- un conmutador de RF, S1, que permita cortar o establecer la señal de la perturbación para la medida de inmunidad del ESE. Éste puede estar incorporado en el generador de RF, siendo opcional;
- amplificadores de potencia de banda ancha, AP, que puedan ser necesarios para amplificar la señal en el caso de que la potencia de salida del generador de RF sea insuficiente;
- filtros paso-bajo (FPB) y/o filtros paso-alto (FPA) que puedan ser necesarios para evitar cualquier interferencia en determinados tipos de ESE, como puede ser el caso de los receptores de RF, debido a (sub)armónicos. Estos receptores, caso de requerirse, deberán intercalarse entre los amplificadores de potencia de banda ancha AP y el atenuador T2;
- un atenuador, T2, (fijado a ≥ 6 dB, $Z_0 = 50 \Omega$), de suficiente potencia. Este T2 está destinado a reducir la falta de adaptación entre el amplificador de potencia y la red, y debe situarse lo mas cerca posible del dispositivo de acoplamiento.

NOTA – T2 puede estar incluido en la red de acoplamiento y desacoplamiento y puede dejarse fuera si la impedancia de salida del amplificador de potencia de banda ancha cumple con las especificaciones en cualquier condición de carga.

En la tabla 2 se indican las características del generador de ensayo sin modular.

Tabla 2
Características del generador de ensayo

Impedancia de salida	50 Ω, ROE ≤ 1,2
Armónicos y distorsión	más de 15 dB por debajo del nivel de la portadora
Modulación en amplitud	interna o externa, profundidad 80% ± 5% por una onda sinusoidal de 1 kHz ± 10%
Nivel de salida	suficientemente alto para cubrir el nivel de ensayo (véase también el anexo E)

6.2 Dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento

Se emplean dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento para asegurar un acoplamiento apropiado de la señal de la perturbación (en todo el margen de frecuencias, con una impedancia en modo común definida en el acceso al ESE) con los diversos cables conectados al ESE.

Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento pueden combinarse dentro de una caja (llamada red de acoplamiento y desacoplamiento RAD) o pueden estar constituidos de varias partes. El parámetro principal aplicable al dispositivo de acoplamiento y de desacoplamiento, es decir la impedancia en modo común vista desde el acceso al ESE, viene especificada en la tabla 3.

En el apartado 7.1 se dan indicaciones para la selección del método de inyección apropiado.

Tabla 3
Parámetro principal del dispositivo de acoplamiento y desacoplamiento

	Banda de frecuencias	
Parámetros	0,15 MHz – 26 MHz	26 MHz – 80 MHz
$ Z_{cc} $	150 Ω ± 20 Ω	150 Ω ^{+60 Ω} _{-45 Ω}

NOTAS

- 1 No se especifican por separado ni el argumento de Z_{cc} ni el factor de desacoplamiento entre el acceso al ESE y el del equipo auxiliar (EA). Dichos factores se incluyen con la condición que estipula que la tolerancia de $|Z_{cc}|$ sea satisfecha estando abierto el acceso al equipo auxiliar (EA) o bien cortocircuitado con respecto al plano de referencia.
- 2 Los métodos de inyección por pinza que no cumplen con las condiciones de impedancia en modo común del equipo auxiliar pueden que no satisfagan las condiciones de $|Z_{cc}|$. No obstante pueden dar resultados fácilmente reproducibles cuando se respetan las indicaciones dadas en el apartado 7.3.

6.2.1 Inyección directa. La señal de la perturbación procedente del generador de ensayo se inyecta sobre los cables apantallados y coaxiales a través de una resistencia de 100 Ω. Debe insertarse un circuito de desacoplamiento, véase 6.2.4, entre el equipamiento auxiliar (EA) y el punto de inyección, lo mas cerca posible de este último (véase figura 5b). Para el caso de algunas configuraciones simples del cable apantallado, el circuito de desacoplamiento así como la resistencia de 100 Ω pueden combinarse en una única caja, (véase en el anexo D, la figura D.1).

6.2.2 Redes de acoplamiento y desacoplamiento (RAD). Estas redes integran los circuitos de acoplamiento y desacoplamiento en una caja única y pueden ser utilizadas para cables específicos sin apantallar, por ejemplo las redes RAD-M1, RAD-M2, RAD-M3, RAD-T2, RAD-T4, RAD-AF-2 descritas en el anexo D. En las figuras 5c y 5d se ilustra el principio de las redes de acoplamiento y desacoplamiento. Las redes no deben afectar a las señales funcionales. Las restricciones sobre tales efectos pueden venir especificadas en las normas de producto.

6.2.2.1 Redes de acoplamiento y desacoplamiento para líneas de suministro de potencia. Se recomienda dotar a todas las líneas de suministro con redes de acoplamiento y desacoplamiento. Sin embargo, es posible seleccionar otros métodos de inyección para el caso de potencias mayores (intensidad ≥ 16 A) y/o sistemas de suministro complejos (fases múltiples o alimentación en paralelo).

La señal de la perturbación debe acoplarse a la línea de alimentación, por medio de la red tipo RAD-M1 (un hilo), RAD-M2 (bifilar) o RAD-M3 (trifilar), o con redes equivalentes, (véase anexo D). Pueden definirse redes similares para un sistema de suministro trifásico. En la figura 5c se describe el circuito de acoplamiento.

Todas las líneas de suministro que unen el ESE al equipo auxiliar (EA) deben estar enrollados sobre núcleos en modo común para evitar saturación (bobinas de choque compensadas en intensidad).

Si en las instalaciones reales, las líneas de suministro están trazadas individualmente, deben utilizarse redes de acoplamiento y desacoplamiento RAD-M1 separadas y deberán tratarse por separado todos los accesos de entrada.

Si el ESE está dotado con otros bornes de puesta a tierra (por ejemplo con fines radioeléctricos o a causa de intensidades de fuga elevadas) estas deberán estar conectadas al plano de referencia de tierra:

- a través de la red de acoplamiento y desacoplamiento RAD-M1 si así lo permiten las características o la especificación del ESE. En este caso, el suministro debe realizarse a través de la red RAD-M3;
- cuando las características o la especificación del ESE no permiten instalar una red RAD-M1 en serie con el borne de la toma a tierra por razones radioeléctricas u otras, la borna de puesta a tierra debe conectarse directamente al plano de referencia. En ese caso, la red RAD-M3 debe reemplazarse por una red RAD-M2 para evitar un cortocircuito RF por el conductor protector de tierra. Si el equipo está ya alimentado por una red RAD-M1 o RAD-M2, éstas deben permanecer en servicio.

Precaución: Los condensadores empleados en la RAD contienen partes en tensión. En consecuencia, se pueden producir importantes intensidades de fuga, siendo obligatorias las conexiones de seguridad entre la RAD y el plano de referencia (en algunos casos, dichas conexiones pueden realizarse durante la construcción de la RAD).

6.2.2.2 Acoplamiento y desacoplamiento de líneas equilibradas sin apantallar. Para el acoplamiento y desacoplamiento de las señales de las perturbaciones en un cable sin apantallar con hilos equilibrados, deberá emplearse una red RAD-T2, RAD-T4, o RAD-T8 como red de acoplamiento y desacoplamiento. En las figuras D.4, D.5 y D.6 del anexo D se ilustran dichas posibilidades.

- RAD-T2 para un cable con un par equilibrado (2 hilos).
- RAD-T4 para un cable con 2 pares equilibrados (4 hilos).
- RAD-T8 para un cable con 4 pares equilibrados (8 hilos).

NOTA – Pueden utilizarse otras redes RAD-Tx si corresponden a gamas deseables de frecuencias y satisfacen las exigencias enunciadas en el apartado 6.2. La relación de conversión de modo diferencial al modo común puede tener, por ejemplo un valor mayor que la relación de conversión especificada del cable a instalar o del equipo conectado al cable instalado. Si se indican diferentes relaciones de conversión para equipos y para cables, debe aplicarse el valor inferior.

La inyección por pinza resulta mas apropiada para los cables multipares equilibrados.

6.2.2.3 Acoplamiento y desacoplamiento de líneas desequilibradas sin apantallar. Para el acoplamiento y desacoplamiento de las señales de las perturbaciones en un cable sin apantallar con hilos desequilibrados es posible utilizar la red de acoplamiento y desacoplamiento descrita en la figura D.3 del anexo D.

– RAD-AF2 para un cable de 2 hilos.

La inyección por pinza resulta mas apropiada para los cables multipares desequilibrados.

6.2.3 Inyección por pinza. Con los dispositivos de inyección por pinza, las funciones de acoplamiento y desacoplamiento están separadas. El acoplamiento se realiza por la pinza mientras que la impedancia en modo común y las funciones de desacoplamiento se realizan con el equipo auxiliar. En este caso el equipo auxiliar forma parte de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento (véase figura 6). En el apartado 7.2 se dan indicaciones para una aplicación correcta.

En el caso de que el cumplimiento de las restricciones enunciadas en el apartado 7.2 sea incompatible con el empleo de una pinza electromagnética (EM) o una pinza de intensidad, debe seguirse el método definido en el apartado 7.3. En este caso, se fija la tensión inducida según se indica en el apartado 6.4.1. Además, es necesario vigilar y corregir la intensidad obtenida.

6.2.3.1 Pinza de intensidad. Con este dispositivo se establece un acoplamiento inductivo con el cable conectado al ESE. Por ejemplo, con una relación de transformación de 5:1, la impedancia serie en modo común transformada es despreciable con relación a la impedancia de 150 Ω que presenta el equipo auxiliar. En este caso la impedancia de salida del generador de ensayo (50 Ω) se transforma en 2 Ω .

NOTAS

- 1 Si se utiliza una pinza de intensidad, se verificará que los niveles de armónicos de rango alto generados por el amplificador de potencia AP no aparezcan en el acceso ESE del dispositivo de acoplamiento con niveles superiores al de la señal fundamental.
- 2 Generalmente es necesario colocar el cable en medio de la pinza para minimizar el efecto del acoplamiento capacitivo.

6.2.3.2 Pinza EM. La pinza electromagnética (EM) establece un acoplamiento a la vez capacitivo e inductivo sobre el cable conectado al ESE. Esta pinza se describe en el anexo A.

6.2.4 Red de desacoplamiento. Normalmente, la red de desacoplamiento comprende varias inductancias para crear una alta impedancia en modo común en el rango de frecuencias. Esto se resuelve mediante el material de ferrita empleado y se exige una inductancia de al menos 280 μ H a 150 kHz. La reactancia debe permanecer alta, $\geq 260 \Omega$ hasta 26 MHz y $\geq 150 \Omega$ por encima de 26 MHz. La inductancia se obtiene ya sea por el bobinado de un cierto número de espiras sobre toroides de ferrita, o por el empleo de un cierto número de toroides de ferrita sobre el cable (generalmente como un tubo de ferrita alrededor del cable) (véase en la figura 5d).

Estas redes de desacoplamiento deben utilizarse sobre las líneas en ensayo por inyección directa. Además, las redes de desacoplamiento deberán utilizarse en todos los cables no sometidos a ensayo pero conectados al ESE, y/o a los equipamientos auxiliares.

6.3 Verificación de la impedancia en modo común en el acceso al ESE de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento

Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento se caracterizan por la impedancia en modo común vista desde el acceso al ESE, $|Z_{cc}|$. La reproducibilidad de los resultados del ensayo queda asegurada con un valor correcto de la impedancia.

Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento y el plano de la impedancia de referencia (figura 7a), deben situarse sobre un plano de referencia cuyo tamaño sobrepase las dimensiones del conjunto por todos sus lados en al menos 0,2 m.

Debe utilizarse un analizador de red o un medidor de impedancias con una impedancia de referencia de 50 Ω . El analizador de red debe calibrarse (a circuito abierto, en cortocircuito y con una carga de 50 Ω) con respecto al nivel del plano de la impedancia de referencia. Resulta necesario realizar una conexión corta ($L \leq 30$ mm) entre la conexión de la impedancia de referencia y los bornes de acceso del ESE. Para la verificación de $|Z_{ce}|$ debe emplearse el criterio señalado en la figura 7b y la geometría de la figura 7a.

Las redes de acoplamiento y desacoplamiento deben cumplir con los requisitos de impedancia de la tabla 3 en 6.2 cuando el acceso de entrada esté con una carga de 50 Ω y el acceso al equipo auxiliar (EA) esté cargado sucesivamente en modo común por un cortocircuito y a circuito abierto según se indica en la figura 7b. Esta condición asegura una atenuación suficiente y presenta un montaje del equipo auxiliar con entradas abiertas o en cortocircuito insignificantes.

Si se emplea la inyección por pinza o directa, no sería procedente verificar la impedancia en modo común para cada equipo auxiliar (EA) conectado al ESE. Normalmente, es suficiente seguir el procedimiento indicado en el apartado 7.2. En los demás casos debe utilizarse el procedimiento definido en el apartado 7.3.

6.3.1 Pérdida de inserción de los adaptadores de 150 Ω a 50 Ω . Se requieren dos adaptadores de 150 Ω a 50 Ω de idéntica construcción según se muestra en las figuras 7d y 7e. Los adaptadores deben colocarse sobre el plano de referencia cuyo tamaño sobrepase la dimensión de la instalación por todos sus lados en al menos 0,2 m. La pérdida de inserción se mide siguiendo el criterio indicado en la figura 7c. Su valor debe estar comprendido en un rango de $9,5 \pm 0,5$ dB (valor teórico 9,5 dB debido a la impedancia adicional en serie) cuando se mide en un sistema a 50 Ω . En caso necesario, se compensará la atenuación de los cables de la instalación. Se recomienda instalar atenuadores de precisión en las entradas y salidas de los receptores y generadores.

6.4 Ajuste del generador de ensayo

Para un ajuste correcto del nivel de ensayo no modulado, se debe aplicar el procedimiento descrito en el apartado 6.4.1. En este caso se supone que el generador de ensayo, los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento y los adaptadores de 150 Ω a 50 Ω cumplen con los requisitos enunciados en los apartados 6.1, 6.2 y 6.3.1.

Precaución: Durante el ajuste del generador de ensayo, todas las conexiones al ESE y al equipo auxiliar (EA) de las redes de acoplamiento y desacoplamiento diferentes de las requeridas (véase figura 8) deben estar desconectadas para evitar cortocircuitos o la destrucción del equipo de medida.

El nivel de salida del generador de ensayo debe de ser ajustado (véase 6.4.1) con una portadora no modulada. Después de un ajuste correcto, debe aplicarse y controlarse la modulación por medio de equipos de verificación, preferentemente un osciloscopio de alta frecuencia (RF).

La modulación debe aplicarse de forma permanente durante los ensayos.

6.4.1 Ajuste del nivel de salida en el acceso al ESE del dispositivo de acoplamiento. El generador de ensayo debe conectarse en la entrada RF del dispositivo de acoplamiento. El acceso al ESE del dispositivo de acoplamiento debe conectarse a un equipo de medida que presente una impedancia de entrada de 50 Ω en modo común, vía un adaptador de 150 Ω a 50 Ω . El acceso al equipo auxiliar (EA) deberá estar alimentado en modo común mediante un adaptador de 150 Ω a 50 Ω , adaptado a 50 Ω . La instalación viene representada en la figura 8 con todos los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento.

NOTA – En el caso de inyección directa, no es necesario el circuito de carga a 50 Ω en el acceso al equipo auxiliar (EA) ya que el apantallamiento está unido al plano de referencia por el lado del acceso al equipo auxiliar (EA).

Con la instalación indicada anteriormente, el generador debe ser ajustado de manera que el equipo de medida suministre las siguientes indicaciones:

$$U_{nr} = U_0/6 \pm 25\%, \text{ en valores lineales, o}$$

$$U_{nr} = U_0 - 15,6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB en valores logarítmicos.}$$

El ajuste debe efectuarse individualmente para cada dispositivo de acoplamiento y desacoplamiento. Los parámetros de control para el ajuste del generador (parámetros de soporte lógico (software), ajustes de los atenuadores, etc.) deben registrarse y utilizarse durante los ensayos.

NOTAS

- 1 U_0 es la tensión de ensayo indicada en la tabla 1 y U_{mr} la tensión medida según se indica en el apartado 4.11 y en la figura 8. A fin de minimizar los errores de ensayo, el nivel de salida del generador se ajusta regulando U_{mr} y no U_0 , con sondas de alta impedancia (150Ω).
- 2 El factor 6 (15,6 dB) proviene del valor de la f.e.m. especificado para el nivel de ensayo. El nivel del circuito de carga es igual a la mitad del nivel de la f.e.m. y la división de la tensión por 3 se determina por el adaptador de 150Ω a 50Ω para el equipo de medida adaptado a 50Ω .

Cuando se lleva a cabo el ajuste del nivel de las pinzas de intensidad en un entorno de ensayo de 50Ω (véase en el anexo A), la tensión U_{mr} en los bornes de 50Ω será inferior en 6 dB al nivel de ensayo requerido. En tal caso, las tensiones medidas o las intensidades obtenidas sobre el montaje de ensayo de 50Ω son las siguientes:

$$U_{mr} = (U_0/2) \pm 25\%, \text{ en valores lineales}$$

o

$$U_{mr} = U_0 - 6 \text{ dB} \pm 2 \text{ dB en valores logarítmicos}$$

o

$$I_{(\text{montaje de ensayo } 50 \Omega)} = U_{0(\text{pinza de intensidad})} / (50 \Omega + 50 \Omega_{(\text{receptor de medida})})$$

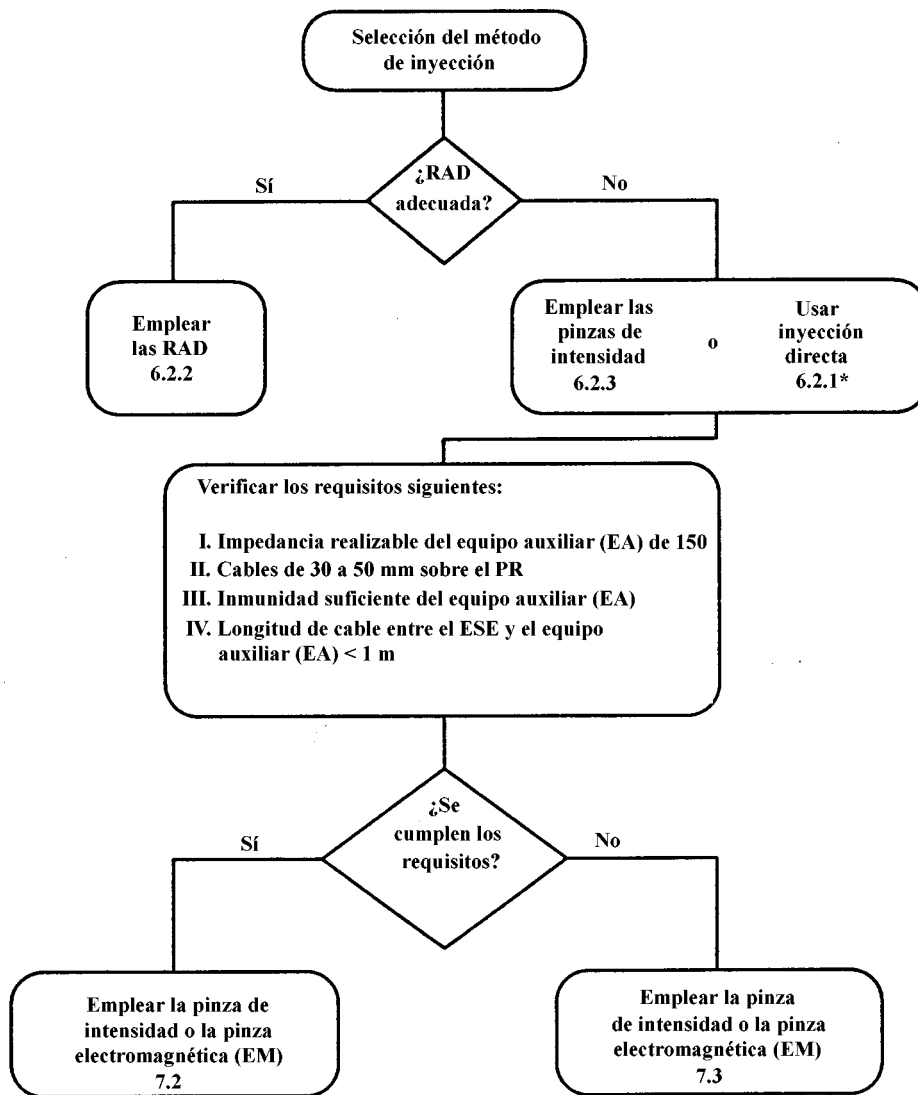
$$I [\text{dB}(\mu\text{A})] = U_0 [\text{dB}(\mu\text{V})] - 40 [\text{dB}(\Omega)]$$

7 INSTALACIÓN DE ENSAYO PARA EQUIPOS DE MESA Y SOBRE EL SUELO

Los equipos a ensayar se colocan sobre un soporte aislante a 0,1 m por encima del plano de referencia. Todos los cables implicados deben estar equipados con dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento apropiados situados a una distancia comprendida entre 0,1 m y 0,3 m de la dimensión prevista para el ESE sobre el plano de referencia, véase figuras 9 y 10. Los apartados 7.1 y 7.5 dan una información más detallada.

7.1 Normas a aplicar para la selección de los puntos de ensayo y los métodos de inyección

Para seleccionar el tipo y número de cables para equipar los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento, debe tenerse en cuenta la configuración física de las condiciones de la instalación tipo, es decir, la longitud de los cables más largos.



* Sólo aplicable a cables apantallados

Fig. 1 - Indicaciones para la selección del método de inyección

7.1.1 Método de inyección. En la figura 1 se dan indicaciones con respecto a la selección del método de inyección.

La conexión funcional de todos los cables debe aproximarse lo más posible a las condiciones reales de ensayo. Las RAD no indicados en esta norma pero que cumplen los requisitos de ésta, pueden ser empleados.

Cuando varios cables que provienen del ESE están muy próximos entre sí a lo largo de mas de 10 m, o entre el ESE y otro equipo sobre una bandeja de cables, deben tratarse como un solo cable, debiéndose aplicar la inyección por pinza.

Si un comité de producto decide que son más apropiados determinados dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento para cables específicos de esas familias de productos, dicha selección (técnicamente justificada) es prioritaria. Estos dispositivos deben estar descritos en la norma referente a los productos. En el anexo D se dan ejemplos de RAD.

7.1.2 Puntos de ensayo. Con el fin de evitar ensayos inútiles, conviene seguir las indicaciones siguientes.

Generalmente es suficiente que estén excitados un número limitado, n , (en donde $2 \leq n \leq 5$) de distribuciones de intensidad en el ESE.

El ensayo debe realizarse empleándose la configuración del cable mas sensible. Los demás cables conectados al ESE deben estar desconectados (si es posible bajo el punto de vista funcional), o bien equipados con redes de desacoplamiento solamente.

7.2 Procedimiento para la aplicación correcta de la inyección por pinza

Cuando se utiliza la inyección por pinza, la instalación de los equipos auxiliares (EA) debe presentar la impedancia en modo común exigida en el apartado 6.2. Cada equipo auxiliar (EA) utilizado con inyección por pinza debe aproximarse lo más posible a las condiciones funcionales de la instalación. Para aproximarse a la impedancia en modo común requerida, deben tomarse las medidas siguientes.

- Cada equipo auxiliar (EA) sometido a inyección por pinza debe disponerse sobre un soporte aislante de 0,1 m por encima del plano de referencia.
- Todos los cables conectados a cada equipo de medida (EA), que no estén conectados al ESE, deben estar equipados con redes de desacoplamiento, véase 6.2.4. Estas redes de desacoplamiento no deben aplicarse a más de 0,3 m del equipo auxiliar (EA). El(los) cable(s) que enlazan el equipo auxiliar (EA) a la(s) red(es) de desacoplamiento, o a la pinza de inyección no deben en ningún caso estar reunidos en haz o enrollados y debe(n) mantenerse entre 30 y 50 mm por encima del plano de referencia (figura 6).
- La longitud del cable que empalma el equipo auxiliar (EA) al dispositivo de inyección por pinza debe ser lo mas corto posible ($\leq 0,3$ m) para mejorar la reproducibilidad en las altas frecuencias (≥ 30 MHz). Cuando se emplea una pinza electromagnética (EM), es menos importante porque la impedancia en modo común se determina esencialmente con la pinza electromagnética (EM) a frecuencias superiores a 10 MHz (longitud de onda de 30 m o menos).
- En cada equipo auxiliar (EA), la red de desacoplamiento instalada sobre el cable, la más cercana a la cual está conectado al ESE, debe reemplazarse por una RAD cuyo circuito de entrada esté cargado con 50Ω (véase en el anexo A, la figura 7). Esta RAD representa la carga de 150Ω del equipo auxiliar (EA) con relación al plano de referencia. Si el equipo auxiliar (EA) está dotado de una buena puesta a tierra (separada), éste debe estar conectado vía una red RAD-M1, cargado con 50Ω en el acceso de entrada, al plano de referencia mientras que las redes de desacoplamiento deben mantenerse en todos los demás cables.

En todos los demás casos se seguirá el procedimiento mostrado en 7.3.

7.3 Procedimiento para la aplicación de la inyección por pinza cuando no se pueden cumplir las condiciones de impedancia en modo común

Cuando se emplea la inyección por pinza y las condiciones de impedancia en modo común no se satisfacen a nivel del equipo auxiliar (EA), hace falta que la impedancia en modo común del EA sea inferior o igual a la impedancia en modo común del acceso al ESE. De lo contrario, deben tomarse medidas, por ejemplo, utilizando capacidades de desacoplamiento en el acceso al EA para satisfacer dicha condición. En este procedimiento no se menciona más que las diferencias con relación a 7.2.

- Cada equipo auxiliar (EA) y cada ESE utilizado con inyección por pinza debe aproximarse lo más posible a las condiciones de la instalación funcional, por ejemplo el ESE deberá estar ligado al plano de referencia o colocado sobre un soporte aislante (véanse figuras A.6 y A.7).
- Una sonda de intensidad suplementaria (con débil pérdida de inserción) será intercalada entre la pinza de inyección y el ESE para vigilar la intensidad producida por la tensión inducida (véase 6.4.1). Si la intensidad sobrepasa el valor de la intensidad del circuito nominal $I_{\text{máx}}$ indicada más abajo, el nivel del generador deberá reducirse hasta que la intensidad de medida sea igual al valor $I_{\text{máx}}$.

$$I_{\text{máx}} = U_0/150 \Omega$$

El nivel de la tensión de ensayo modificada debe indicarse en el informe de ensayo.

Para asegurar la reproducibilidad, debe describirse por entero la instalación del ensayo en el informe.

7.4 ESE constituido por una sola unidad

El ESE debe colocarse sobre un soporte aislante a 0,1 m sobre el plano de referencia. Para los equipos de mesa, el plano de referencia puede colocarse sobre una mesa (véase figura 9).

Deben insertarse dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento en todos los cables sometidos a ensayo. Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento deben estar dispuestos sobre el plano de referencia, en contacto directo con éste a unos 0,1 a 0,3 m del ESE. Los cables situados entre los dispositivos de acoplamiento y de desacoplamiento y el ESE deben ser lo más cortos posible y no pueden en ningún caso estar reunidos en haz o enrollados. Su altura por encima del plano de referencia debe estar comprendida entre 30 y 50 mm.

Si el ESE está dotado de bornes de puesta a tierra, éstos deben, cuando esté autorizado, ser conectados al plano de referencia a través de una red de acoplamiento y de desacoplamiento RAD-M1, véase 6.2.2.1 (es decir que el acceso al equipo auxiliar (EA) de la RAD-M1 se conecta al plano de referencia).

Si el ESE ésta dotado de un teclado o un accesorio portátil, la mano artificial deberá colocarse sobre el teclado o enrollarse alrededor del accesorio y conectarse al plano de referencia.

Los equipos auxiliares (EA) necesarios para el funcionamiento definido del ESE según las especificaciones del comité de producto, por ejemplo equipos de telecomunicaciones, modem, impresora, captador, etc., así como los equipos auxiliares necesarios para transferencia de datos y la evaluación de funciones deben conectarse al ESE a través de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento. No obstante, y en la medida de lo posible, el número de cables a ensayar debe limitarse a las funciones representativas. Véase las informaciones detalladas en 7.1.

7.5 ESE constituido por varias unidades

Los equipos constituidos por varias unidades interconectadas (véase figura 10), deben ensayarse por uno de los métodos indicados a continuación.

Método recomendado: Cada subunidad debe ser tratada y ensayada separadamente como un ESE, estando todas las demás consideradas como equipos auxiliares (EA). Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento deben colocarse sobre los cables (según 7.1) de las subunidades consideradas como el ESE. Todas las subunidades serán ensayadas por turno.

Otro método: Las subunidades que estén permanente conectadas unas con otras por cables cortos, es decir ≤ 1 m, y que formen parte del equipo a ensayar, pueden considerarse como ESE. No debe efectuarse ningún ensayo de inmunidad a perturbaciones conducidas sobre los cables de interconexión, por estar considerados como cables internos del sistema.

Las unidades que forman parte de tales ESE se colocarán lo más cerca posible entre sí sin estar en contacto, todos ellos sobre el soporte aislante de 0,1 m por encima del plano de referencia. Los cables de interconexión de estas unidades deben estar dispuestas sobre soporte aislante. Los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento deben estar dispuestos sobre todos los demás cables del ESE, por ejemplo sobre los cables de alimentación y los de equipos auxiliares, (véase 7.1).

8 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El ESE debe ensayarse en condiciones normales climáticas y de funcionamiento. Conviene que la temperatura y la humedad relativa sean anotadas en el informe del ensayo.

Debe respetarse el reglamento local relativo a las perturbaciones, en lo que concierne a las radiaciones emitidas por la instalación de ensayo. Si la energía radiada sobrepasa el nivel permitido, debe emplearse un recinto apantallado.

NOTA – Este procedimiento de ensayo puede generalmente aplicarse sin recinto apantallado, ya que los niveles de perturbaciones aplicados y la disposición del montaje no son susceptibles de radiar grandes cantidades de energía, en particular a frecuencias bajas.

El ensayo debe llevarse a cabo conectando el generador a cada uno de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento mientras que los accesos de entrada RF no excitados de los dispositivos de acoplamiento están cargados con una resistencia de carga de 50Ω .

Deben emplearse filtros para evitar que los armónicos de rango superior o los subarmónicos perturben al ESE. Puede necesitarse un filtro paso-alto (FPA) de 100 kHz después del generador. La característica de corte de los filtros paso-bajo (FPB) debe de ser suficiente para eliminar los armónicos a fin de que no afecten a los resultados. Estos filtros deben ser insertados a continuación del generador antes de ajustar el nivel de ensayo (véase 6.4.1).

La gama de frecuencias es barrida entre 150 kHz y 80 MHz, con el nivel de señal establecido durante el proceso de ajuste, y con una señal de perturbación modulada en amplitud al 80% por una onda sinusoidal de 1 kHz, efectuándose pausas para proceder al ajuste del nivel de la señal de RF o para conmutar los dispositivos de acoplamiento en su caso. La velocidad de barrido no debe sobrepasar $1,5 \times 10^{-3}$ décadas/s. Cuando se incrementa la frecuencia por pasos, el tamaño de los escalones no debe sobrepasar el 1% del valor de la frecuencia de salida y después el 1% del valor de la frecuencia precedente.

Los tiempos de paso en cada frecuencia no deben ser inferiores al tiempo necesario para aplicar estímulos al ESE y para que éste sea capaz de responder. Las frecuencias críticas como las de reloj y los armónicos o frecuencias de interés primordial deben analizarse separadamente.

Conviene intentar aplicar al ESE los estímulos necesarios durante el ensayo a fin de verificar su susceptibilidad para todos los modos seleccionados.

Se recomienda el empleo de programas de aplicación de estímulos.

El ensayo debe efectuarse conforme a un plan de ensayos, que debe estar incluido en el informe de ensayo.

Éste debe contener:

- el tamaño del ESE;
- las condiciones de funcionamiento representativas del ESE;
- si el ESE se ensaya como unidad simple o múltiple;
- el tipo de instalación de ensayo empleado y la posición del o de los ESE, de o de los equipos auxiliares (EA) y de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento;
- los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento utilizados y sus factores de acoplamiento;
- la gama de frecuencias de aplicación al ensayo;
- la velocidad de barrido de frecuencias, el tiempo de paso y los escalones de frecuencia;
- los niveles de ensayo a aplicar;
- el o los tipos de cables de conexión;
- los criterios de funcionamiento aplicados;
- una descripción del método de aplicación de los estímulos al ESE.

Puede que sea necesario efectuar ensayos preliminares para establecer ciertos aspectos del plan de ensayo.

La documentación del ensayo debe contener las condiciones de éste, un informe de la calibración y los resultados.

9 RESULTADO DE LOS ENSAYOS E INFORME

Este capítulo sirve de guía para evaluar los resultados del ensayo y el informe relativo a esta norma.

La variedad y diversidad de equipos y sistemas a ensayar hacen difícil la tarea de establecer los efectos de las perturbaciones conducidas sobre éstos.

Los resultados deben clasificarse de la forma siguiente, basada en las condiciones de empleo y especificaciones funcionales del equipo sometido a ensayo, salvo en el caso de exigencias distintas dadas por los comités o las especificaciones de producto.

- a) Comportamiento normal dentro de los límites especificados.
- b) Degradación temporal o pérdida de función, o comportamiento autorecuperable.
- c) Degradación temporal o pérdida de función, o comportamiento que necesita la intervención de un operario o la puesta a cero del sistema.
- d) Degradación o pérdida de función irreparable, debido a avería del material (componentes) o del soporte lógico (software) o pérdida de datos.

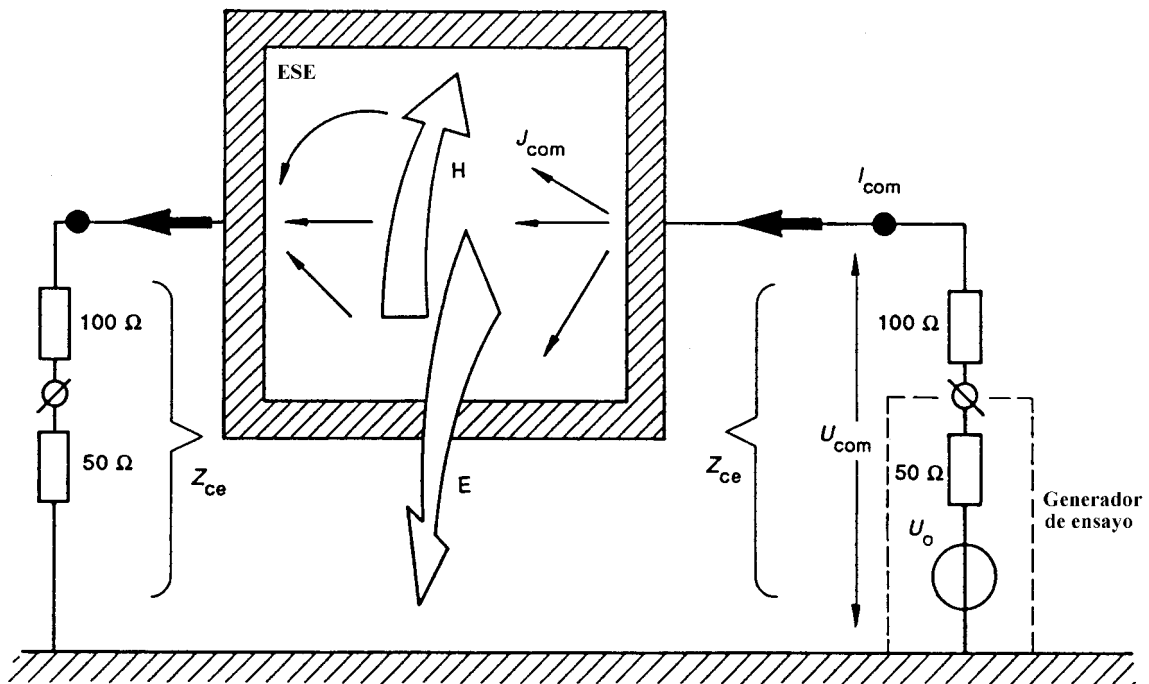
Los equipos no deben convertirse en un peligro o resultar inseguros por la aplicación de los ensayos definidos en esta norma.

En el caso de ensayos de recepción, el programa de éstos y la interpretación de los resultados deben estar descritos en la norma especificada de producto.

Por regla general, el resultado del ensayo es positivo cuando el equipo resiste durante todo el tiempo de aplicación de aquél y cumple, al final de este período, con las exigencias funcionales establecidas en la especificación técnica.

En el caso de una clasificación de resultados según b) o c), conviene verificar que el equipo sea capaz de recuperar su capacidad de funcionamiento por sí mismo al final del período de ensayo; debiéndose registrar los tiempos durante los que no se dispuso de la capacidad total de funcionamiento. Estas verificaciones son obligatorias para evaluar definitivamente los resultados.

El informe debe incluir las condiciones de ensayo y los resultados.



Z_{ce} Impedancia en modo común en el punto del ESE del sistema que constituye la red de acoplamiento y desacoplamiento, $Z_{ce} = 150 \Omega$

NOTA - Las resistencias de 100Ω están incluidas en las redes de acoplamiento y desacoplamiento. La entrada de la izquierda está cargada (pasiva) de 50Ω y la de la derecha con el generador de ensayo

U_0 Tensión de salida del generador de ensayo (f.e.m.)

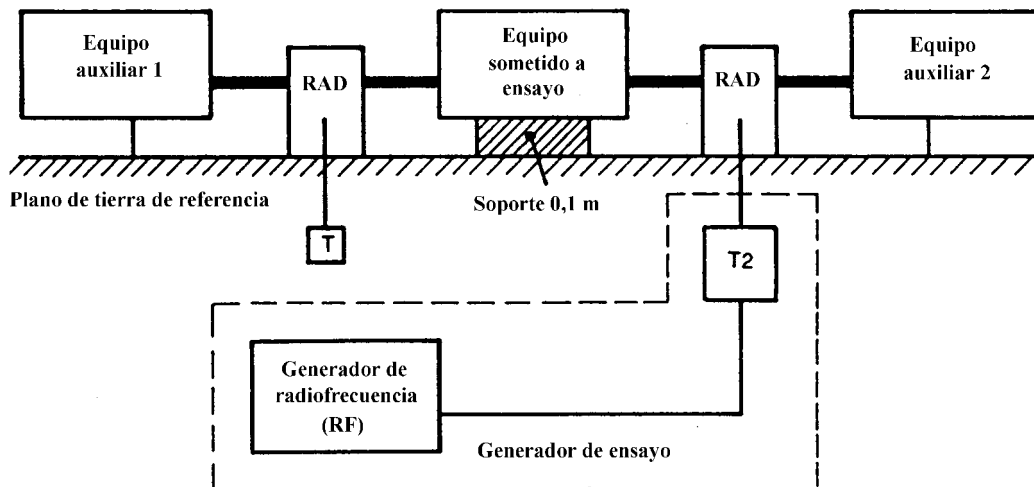
U_{com} Tensión en modo común entre el ESE y el plano de referencia

I_{com} Intensidad en modo común en el ESE

J_{com} Densidad de corriente sobre la superficie conductora o de corrientes sobre otros conductores del ESE

E, H Campos eléctrico y magnético

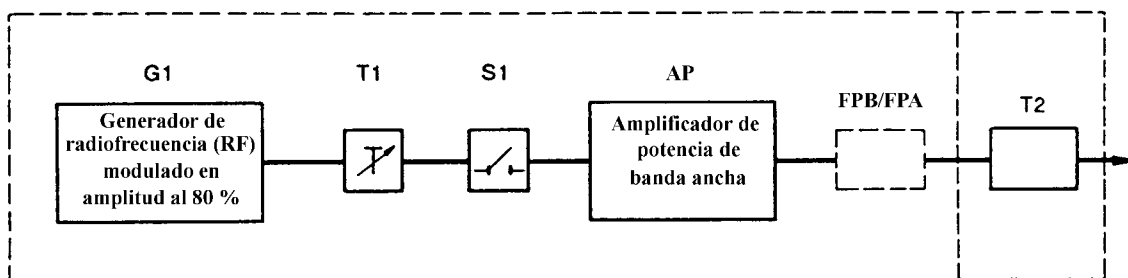
Fig. 2a - Diagrama indicativo de los campos electromagnéticos cercanos al ESE provocados por las intensidades en modo común en sus cables



- T Carga de 50 Ω.
- T₂ Atenuador de potencia (6 dB)
- RAD Red de acoplamiento y desacoplamiento

Fig. 2b – Esquema de la instalación del ensayo de inmunidad a las perturbaciones de radiofrecuencia (RF) conducidas

Fig. 2 – Ensayo de inmunidad a las perturbaciones de radiofrecuencia (RF) conducidas



- G1 Generador de radiofrecuencia (RF)
- AP Amplificador de potencia de banda ancha
- FPB/FPA Filtro paso-bajo y/o filtro paso alto
- T1 Atenuador variable
- T2 Atenuador fijo (6 dB)
- S1 Conmutador de radiofrecuencia

Fig. 3 – Instalación del generador de ensayo

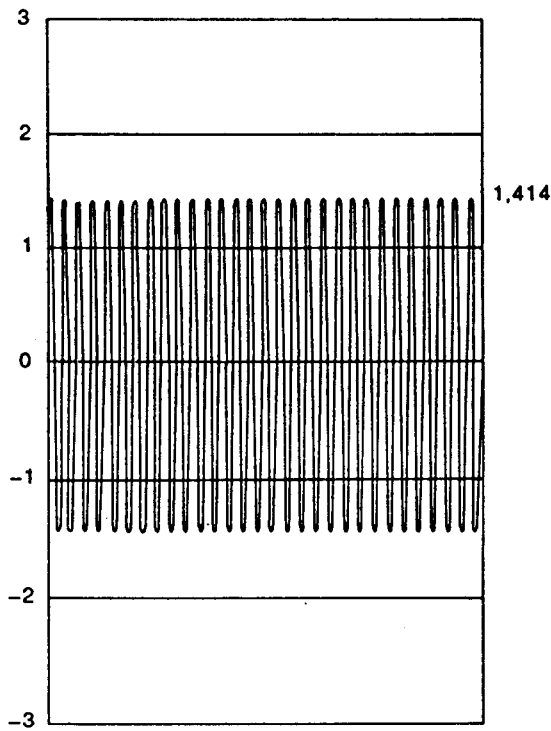


Fig. 4a – Señal de radiofrecuencia sin modular
 $U_{pp} = 2,82 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,00 \text{ V}$

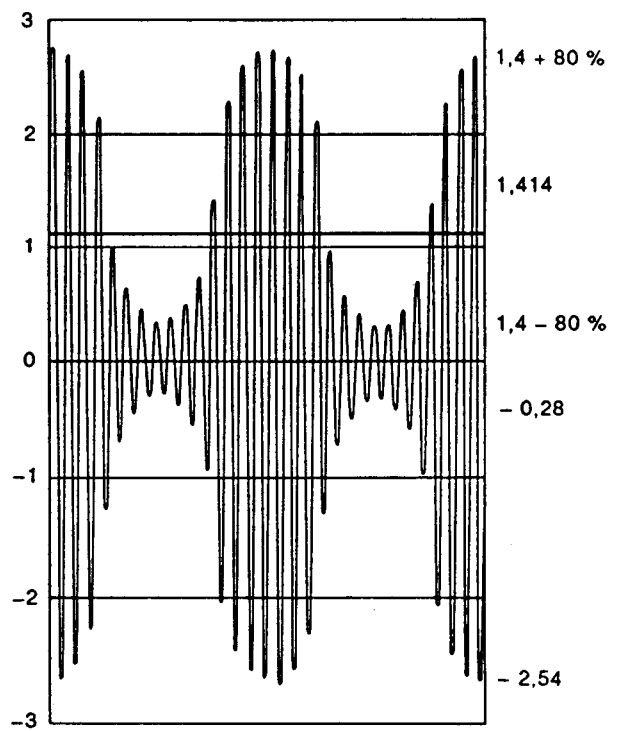


Fig. 4b – Señal de radiofrecuencia modulada, en
amplitud al 80%
 $U_{pp} = 5,09 \text{ V}$, $U_{rms} = 1,12 \text{ V}$

Fig. 4 – Definición de las formas de onda producidas en la salida de acceso al ESE
de un dispositivo de acoplamiento (f.e.m. en el nivel 1 de ensayo)

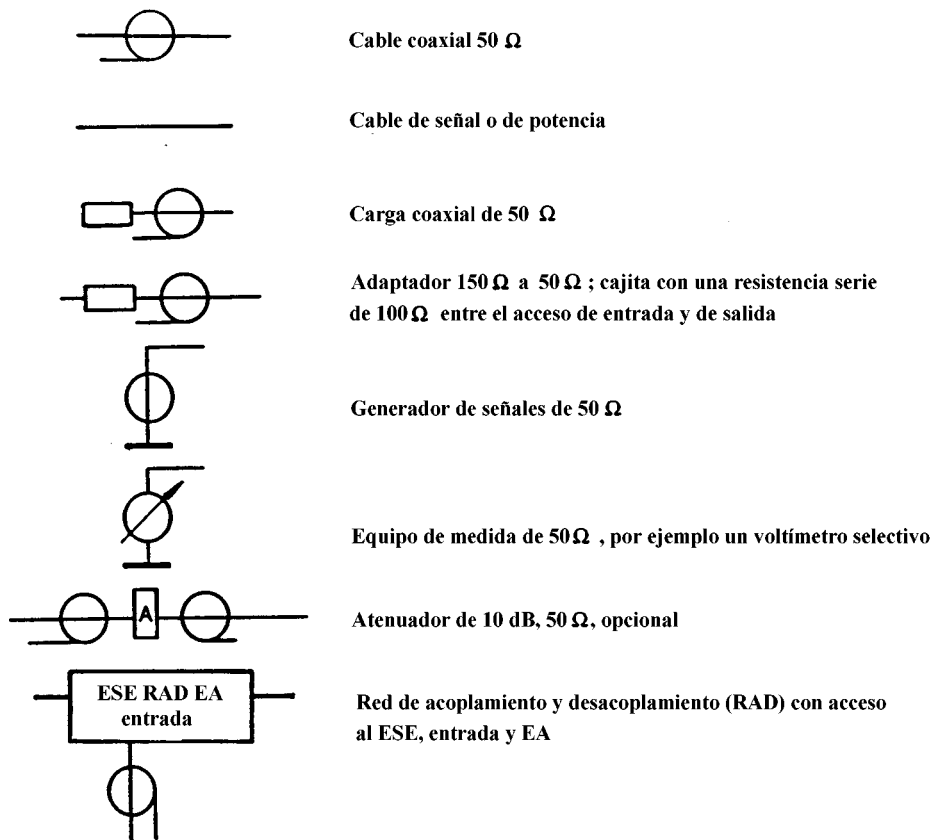


Fig. 5a – Lista de símbolos empleados para los siguientes indicaciones de la instalación

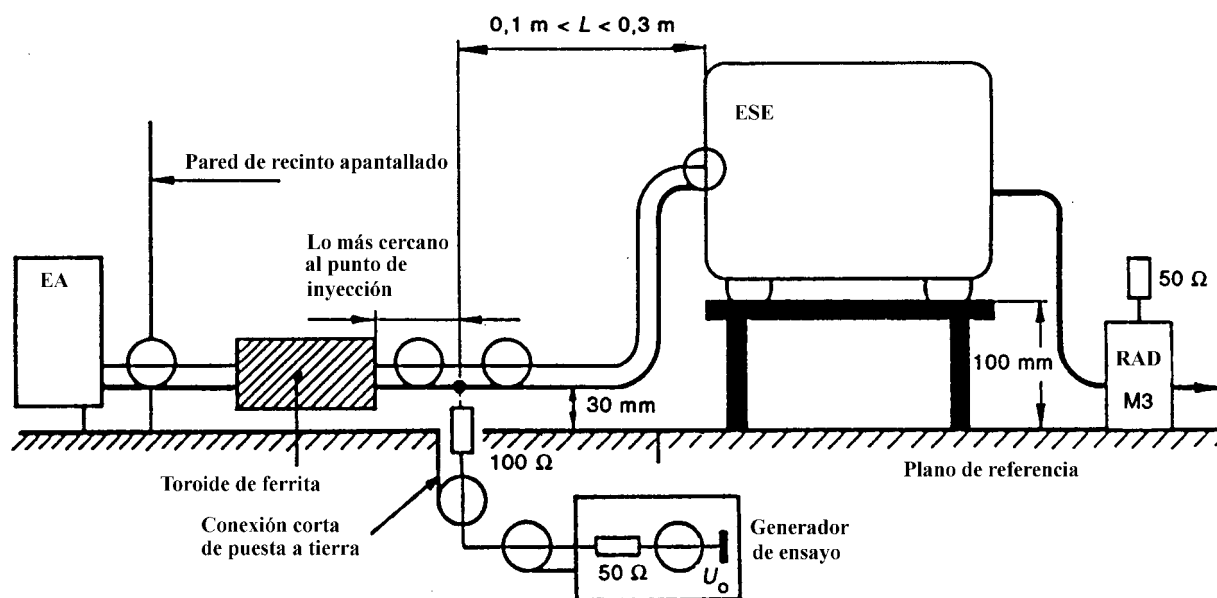


Fig. 5b – Indicación para el acoplamiento directo en cables apantallados

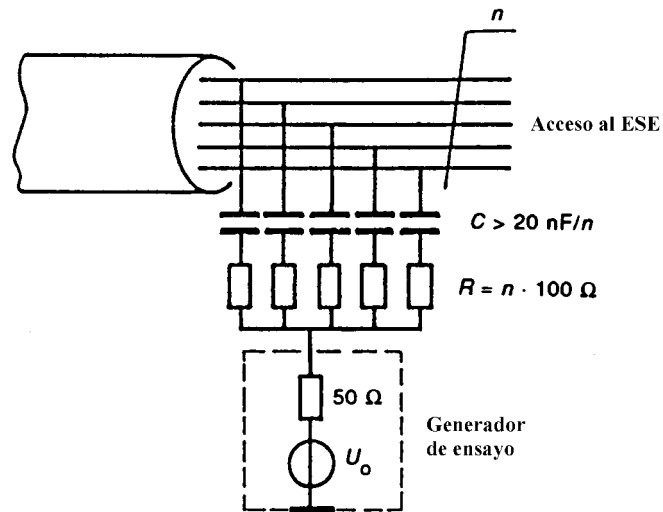
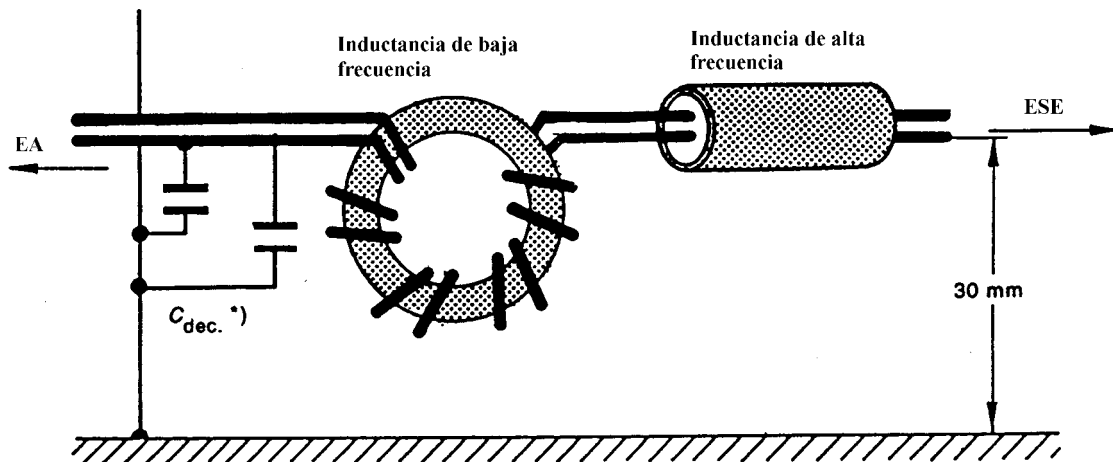


Fig. 5c – Indicación para el acoplamiento en cables de alimentación no apantallados



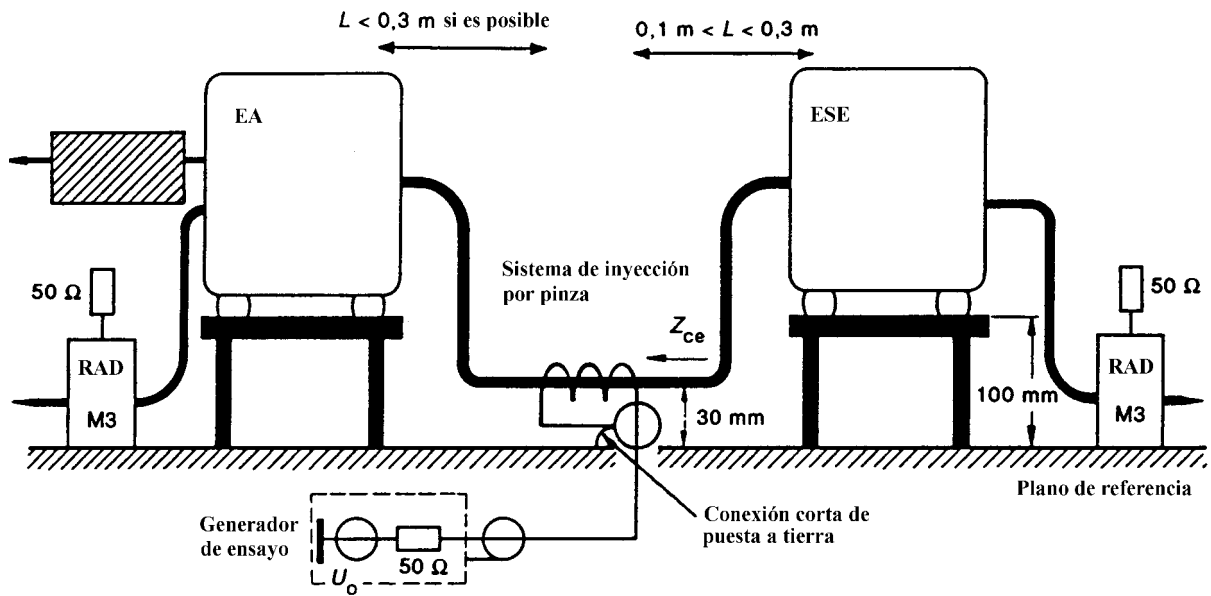
Ejemplo: $C_{dec} = 47 \text{ nF}$ (únicamente en cables no apantallados), $L_{(150 \text{ kHz})} \geq 280 \text{ } \mu\text{H}$

Inductancia de baja frecuencia: 17 vueltas sobre un toroide de ferrita de: NiZn, $\mu_T = 1\ 200$

Inductancia de alta frecuencia: 2-4 toroides de ferrita (formando un tubo), de: NiZn, $\mu_R = 700$

Fig. 5d – Indicación para el desacoplamiento

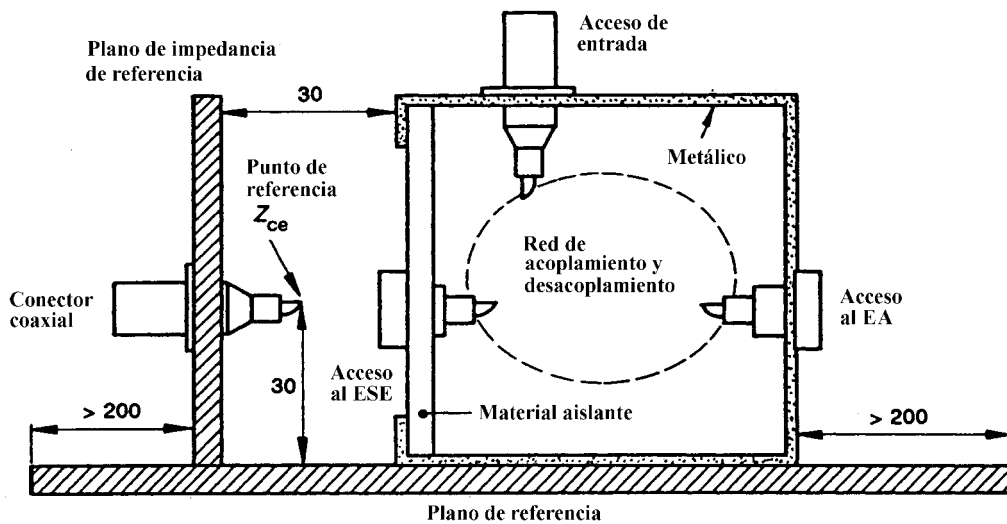
Fig. 5 – Indicaciones para el acoplamiento y el desacoplamiento



NOTA – El RAD del cable conectado al EA, por ejemplo el RAD-M1 conectado al borne de tierra o el RAD-M3, deben estar adaptados con 50 Ω en el acceso de entrada, (véase 7.2).

Las RAD no cargadas equivalen a redes de desacoplamiento.

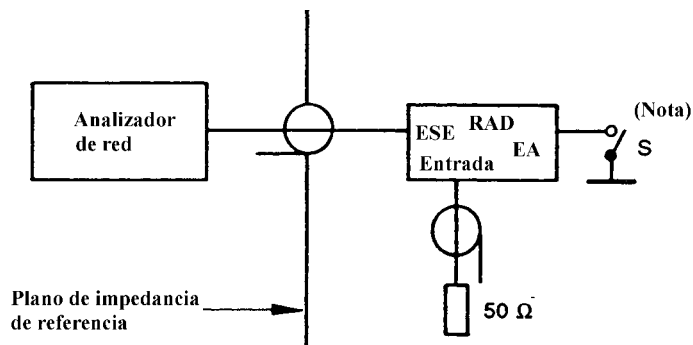
Fig. 6 – Indicaciones para el acoplamiento y desacoplamiento según el método de inyección por pinza



Medidas en milímetros

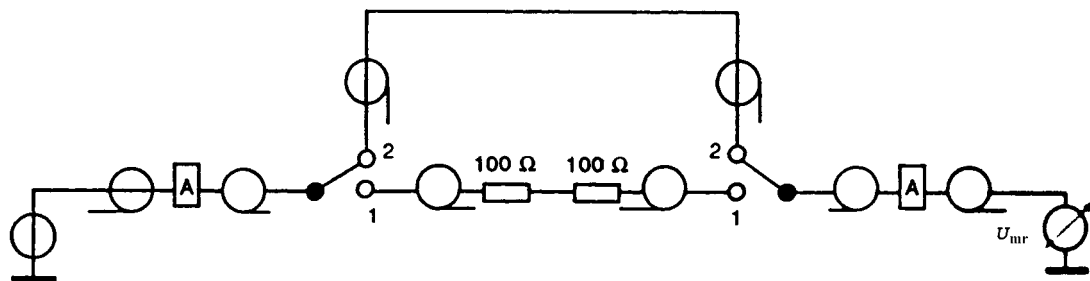
- Plano de referencia: debe superar en al menos 0,2 m la dimensión de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento de otros componentes.
- Plano de impedancia de referencia (con conector BNC): 0,1 m × 0,1 m.
- Los dos planos deben ser de cobre, latón o aluminio y deben tener un buen contacto RF.

Fig. 7a – Ejemplo de la disposición geométrica de la instalación para verificación de características de impedancia de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento



NOTA - La impedancia requerida se obtiene con el interruptor S abierto y cerrado (véase 6.3)

Fig. 7b - Indicación de la instalación de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento para la verificación de Z_{ce}



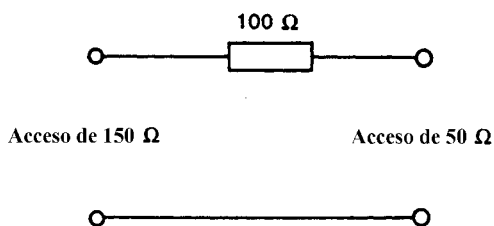
Pérdida de inserción = U_{mr} (posición 2 de los conmutadores) - U_{mr} (posición 1 de los conmutadores)

dB

dB (μ V)

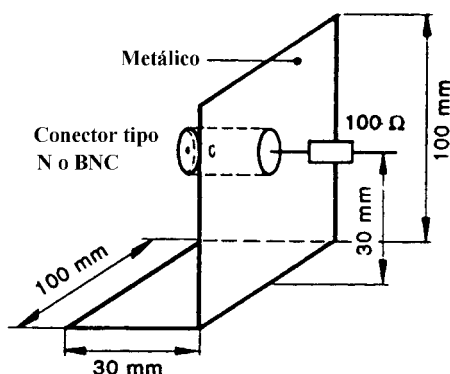
dB (μ V)

Fig. 7c - Indicación de la instalación para medición de la pérdida de inserción de los dos adaptadores de 150Ω a 50Ω



NOTA - Resistencia de poca inductancia: $P \geq 2,5$ W

Fig. 7d - Adaptadores de 150Ω a 50Ω



NOTA - Idéntico que en la figura 7a (plano de impedancia de referencia, pero con una resistencia de poca impedancia añadida de 100Ω)

Fig. 7e - Esquema de la construcción del adaptador de 150Ω a 50Ω

Fig. 7 - Detalle de las instalaciones y componentes empleados para verificar las características principales de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento y de los adaptadores de 150Ω a 50Ω

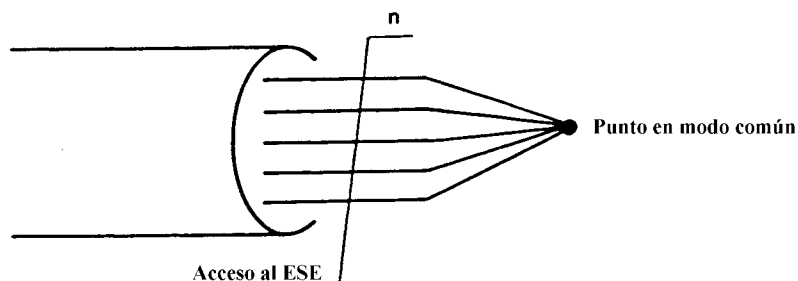


Fig. 8a – Definición de un punto en modo común con cables no apantallados

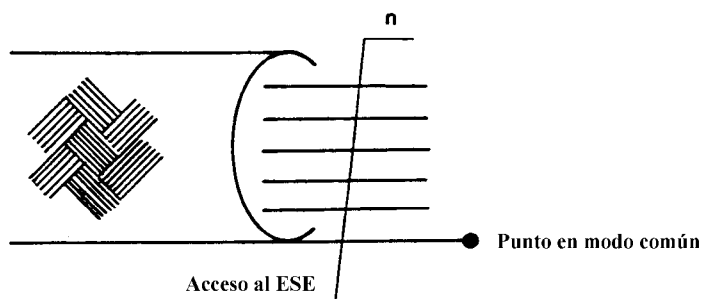
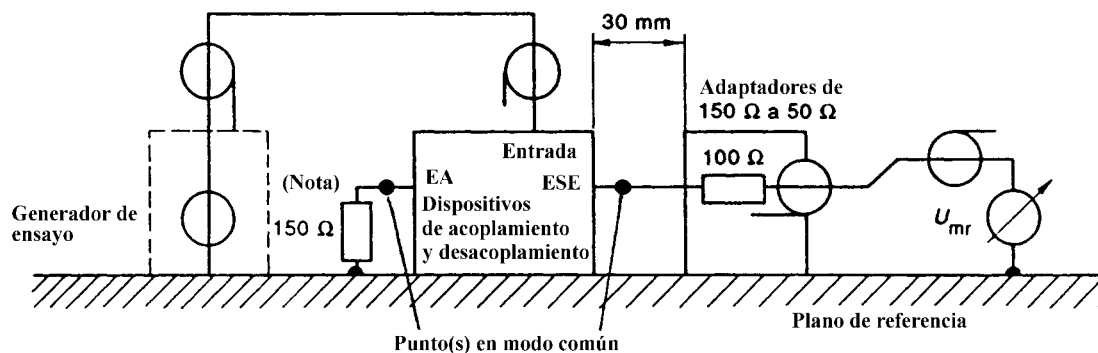


Fig. 8b – Definición de un punto en modo común con cables apantallados



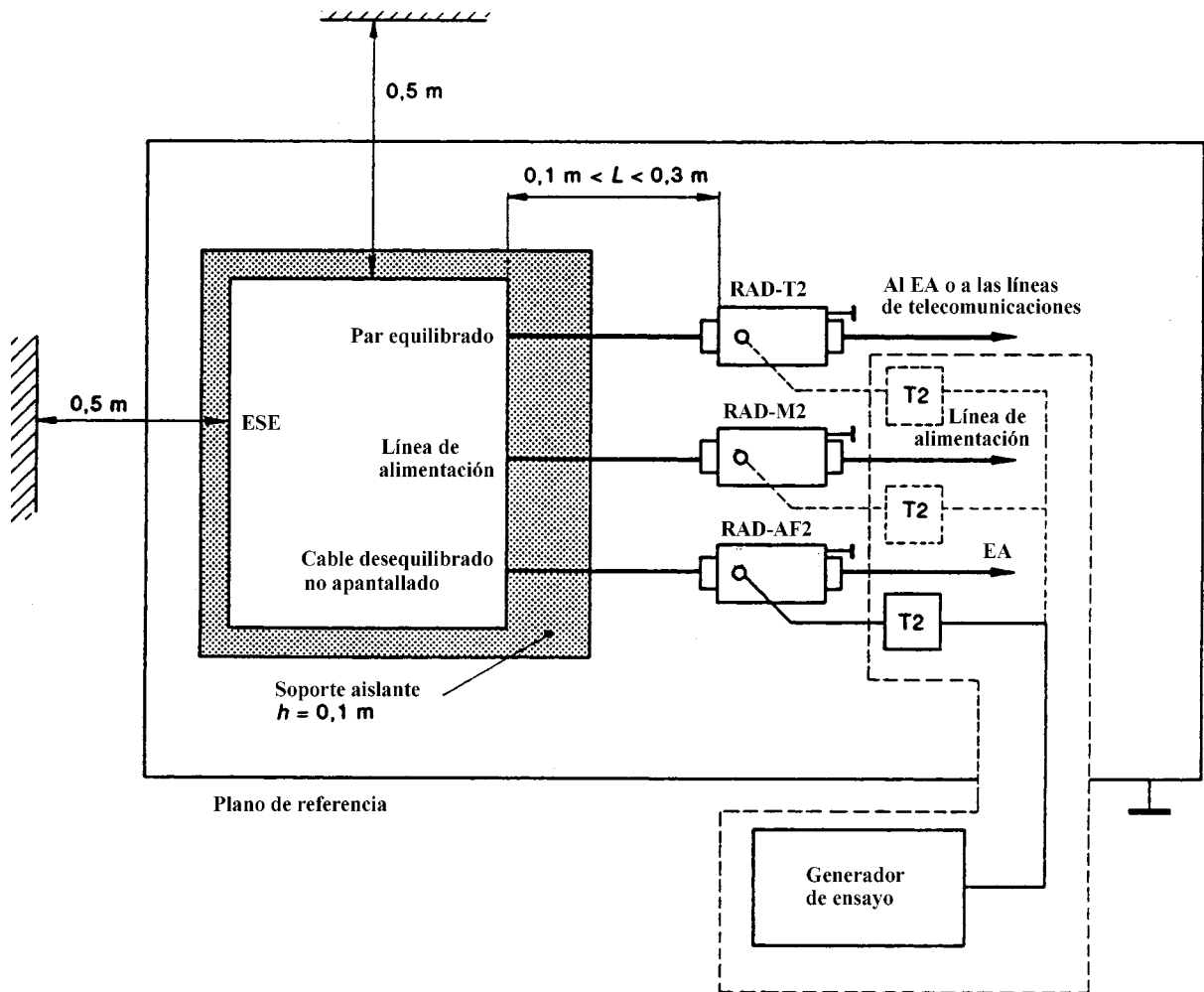
Ejemplos de dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento:

- redes de acoplamiento y desacoplamiento (RAD)
- red de inyección directa (con desacoplamiento)
- dispositivo de inyección por pinza (pinza de intensidad o electromagnética)

NOTA - La carga de 150 Ω, por ejemplo un adaptador de 150 Ω a 50 Ω en el acceso al equipo auxiliar (EA) no debe aplicarse más que en los cables no apantallados [la pantalla de los cables apantallados debe conectarse al plano de referencia del lado del equipo auxiliar (EA)].

Fig. 8c – Instalación empleada para ajuste del nivel en el acceso al ESE de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento

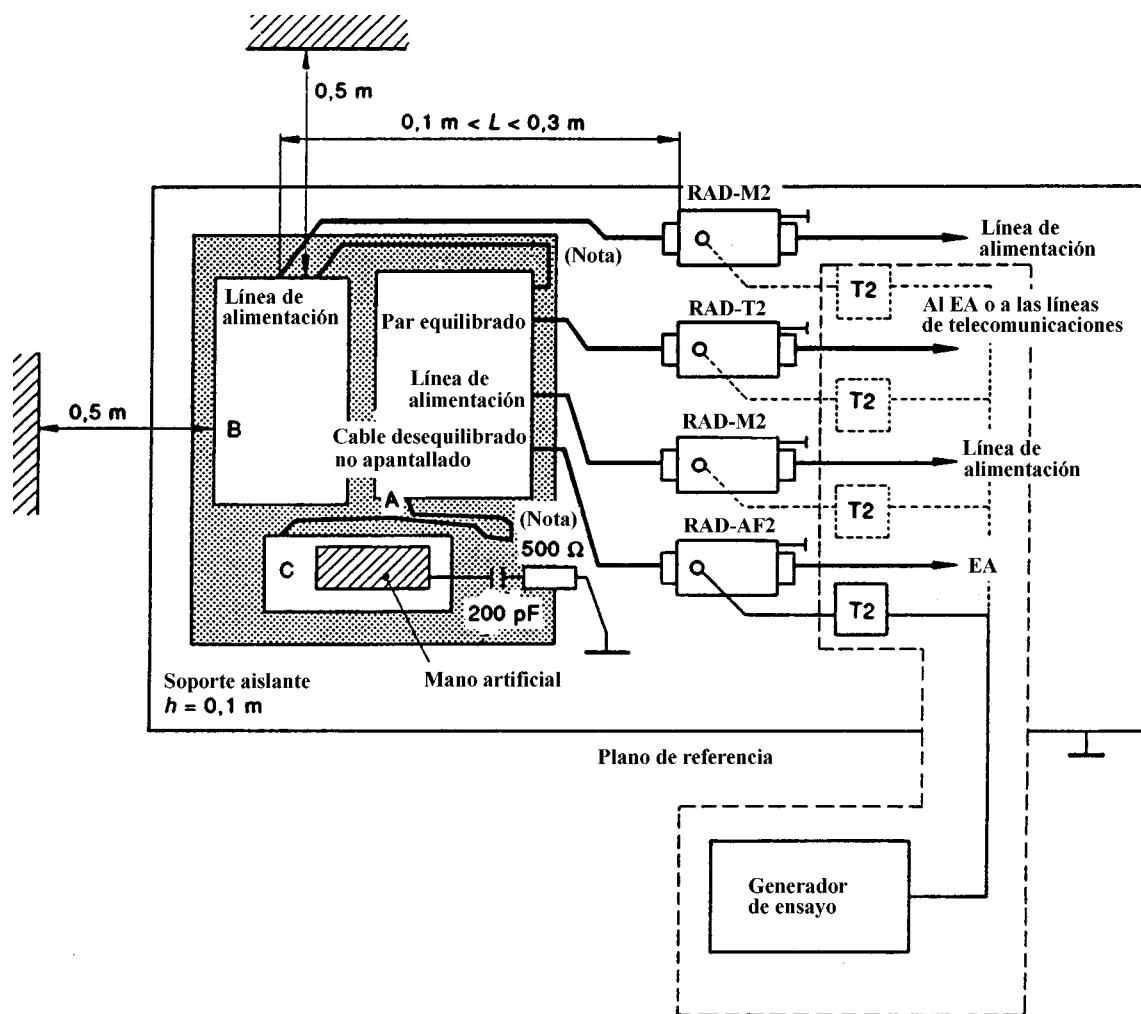
Fig. 8 – Instalación para ajuste del nivel (véase 6.4.1)



NOTA - El ESE debe situarse al menos a 0,5 m de cualquier obstáculo metálico.

Todos los accesos de entrada no activados de los RAD deben de estar cargados con 50 Ω.

Fig. 9 - Ejemplo de una instalación de ensayo con un sistema de una sola unidad para equipos de seguridad de clase II (véase CEI 536)



NOTA – El ESE debe situarse al menos a $0,5 \text{ m}$ de cualquier obstáculo metálico.

Todos los accesos de entrada no activados a la RAD deben de estar cargados con 50Ω .

Los cables de interconexión ($\leq 1 \text{ m}$) al ESE deben permanecer sobre el soporte aislante.

Fig. 10 – Ejemplo de una instalación de ensayo con un sistema de varias unidades, considerado como un sistema de una sola unidad para equipo de seguridad de clase II (véase CEI 536)

ANEXO A (Normativo)

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE EL MÉTODO DE INYECCIÓN POR PINZA

La pinza electromagnética (EM) o la pinza de intensidad pueden emplearse con la mayoría de los cables y de los equipos como método alternativo de acuerdo con 7.2 y 7.3.

A.1 Pinza de inyección de intensidad

El método de inyección por pinza de intensidad se emplea principalmente para inyectar tensiones radioeléctricas sobre cables separados, o sobre haces de cables entre dos unidades.

La pinza de intensidad tiene por objeto mantener las pérdidas de transmisión de la instalación por debajo de 1 dB, cuando el ensayo se efectúa en un sistema de 50 Ω con una pinza de intensidad instalada y adaptada a una carga de 50 Ω en su acceso de entrada. En la figura A.1 se muestra la configuración de la instalación para el ajuste del nivel, y en la figura A.2 la instalación.

El nivel de la pinza de intensidad se ajusta antes del ensayo. El procedimiento para el ajuste de nivel se describe en 6.4.1 y se ilustra en la figura 8. Cuando el ajuste no se efectúa a 150 Ω , sino en una instalación de 50 Ω , deberá aplicarse el siguiente procedimiento.

- El apantallamiento del cable conectado en la entrada de la pinza de inyección debe conectarse igualmente mediante una conexión de baja impedancia al plano de referencia de la instalación.
- La instalación debe de estar adaptada, en una extremidad, con una carga coaxial de 50 Ω , y en la otra con un atenuador de potencia que presente un ROE inferior a 1,2 sobre toda la gama de frecuencias implicadas. Este atenuador de potencia debe conectarse a la entrada de 50 Ω del voltímetro de radiofrecuencia o del analizador de espectros de radiofrecuencia.
- El nivel de salida del generador debe aumentarse hasta que el nivel de la tensión medida en el voltímetro de RF o en el analizador de espectros alcance el nivel requerido de ensayo menos 6 dB, véase 6.4.1. El nivel de salida del generador debe registrarse para cada paso de frecuencia. Véase figura A.1.

A.2 Pinza electromagnética (EM)

La construcción y concepción de la pinza electromagnética (EM) se indican en las figuras A.3 y A.4.

La pinza electromagnética (EM), (contrariamente a las pinzas clásicas de inyección de intensidad), presenta una directividad ≥ 10 dB a frecuencias superiores a 10 MHz, no siendo necesario disponer de una impedancia particular entre el punto en modo común del equipo auxiliar EA y el plano de referencia. A las frecuencias superiores a 10 MHz, la pinza electromagnética (EM) se comporta como una RAD.

El procedimiento de ajuste del nivel de la pinza electromagnética (EM) debe desarrollarse según 6.4.1, en un entorno de 150 Ω , véase figura 8.

A.3 Dispositivo de ensayo

Para la realización del ensayo, la pinza se coloca sobre el cable a ensayar. La pinza se alimenta con el nivel del generador definido anteriormente durante el procedimiento de ajuste de nivel.

Durante el ensayo, la conexión a tierra se establece desde la pantalla de acceso de entrada de la pinza de inyección de intensidad o del borne de tierra de la pinza electromagnética, al plano de referencia (véanse las figuras A.6 y A.7).

Cuando la intensidad medida en el ensayo, junto con la pinza electromagnética (EM) y con la pinza de intensidad, sobrepasa la intensidad del circuito nominal (véase 7.3), el nivel de salida del generador debe reducirse hasta que la intensidad sea igual a la del circuito nominal. Este valor de salida reducido del generador debe ser anotado en el informe del ensayo.

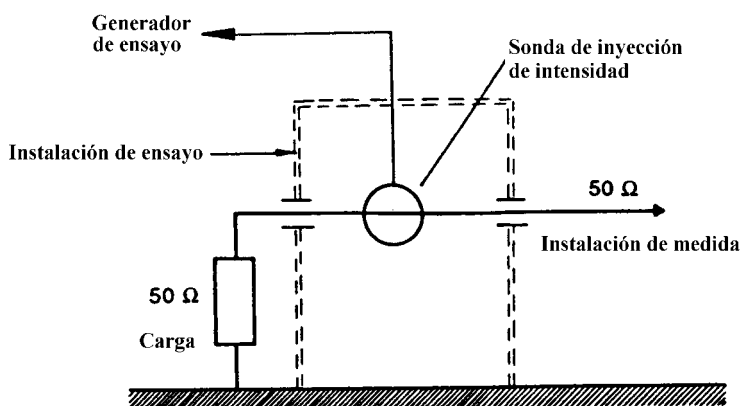


Fig. A.1 – Configuración del circuito de ajuste del nivel en una instalación de ensayo de 50 Ω

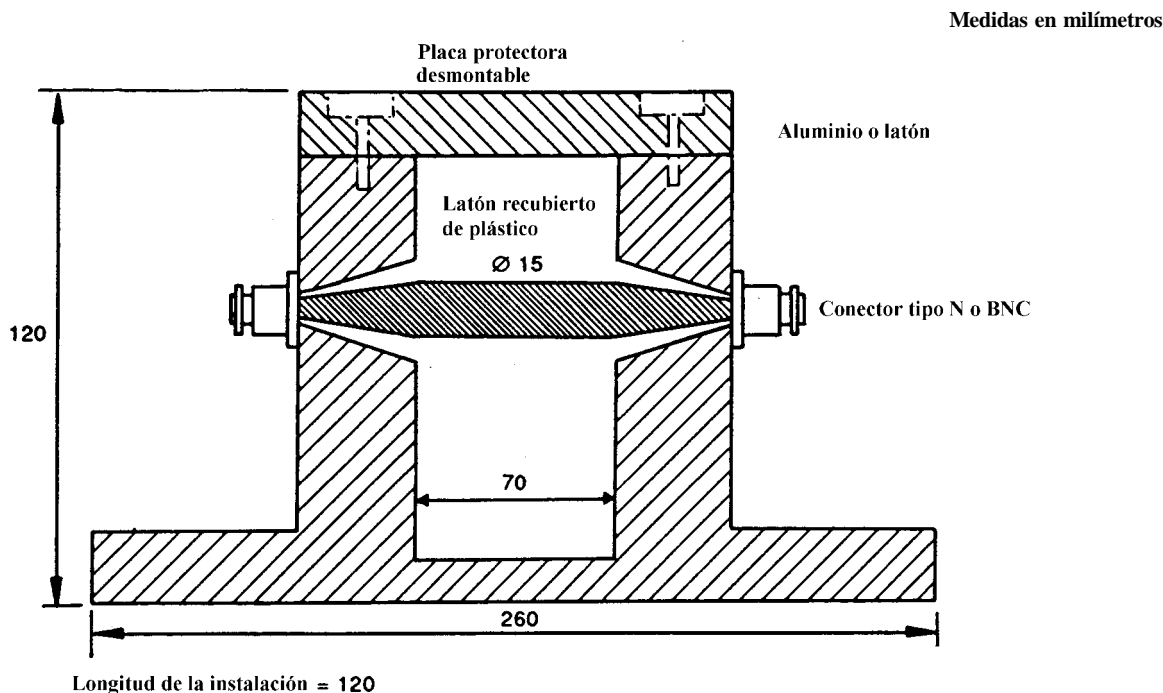
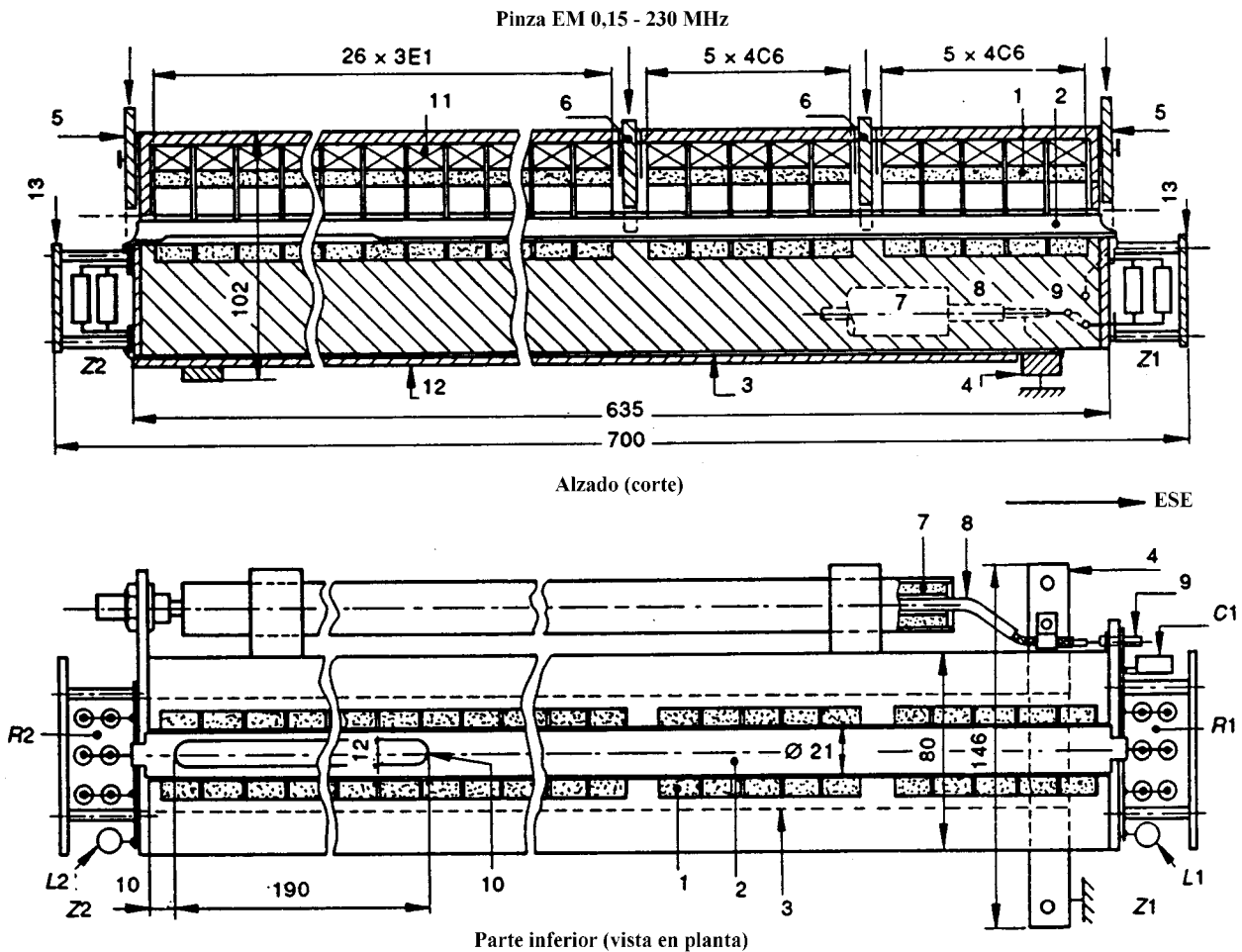


Fig. A.2 - Disposición de la instalación de ensayo de 50 Ω

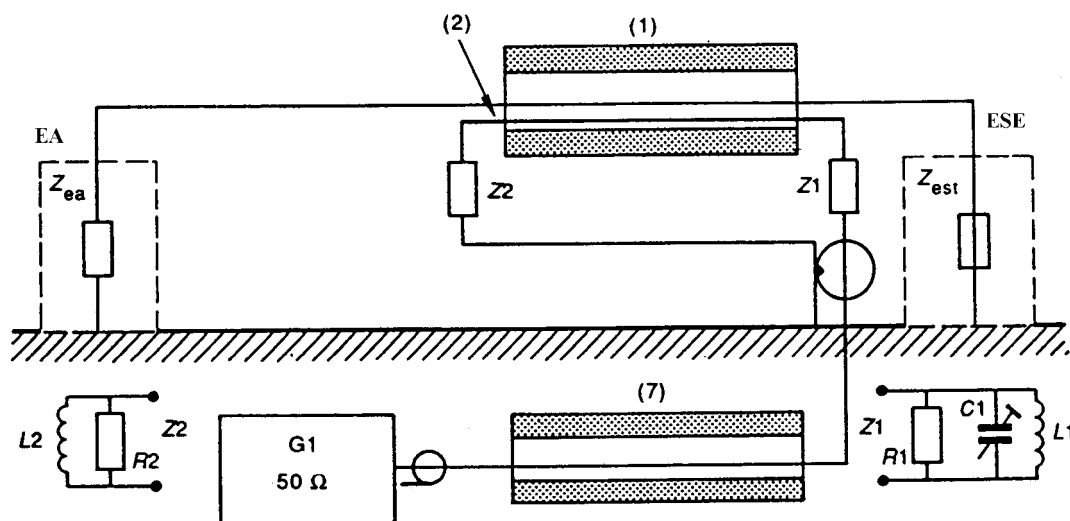
Medidas en milímetros



Lista de componentes:

- 1 Anillos de ferrita $\varnothing 36 \times \varnothing 23 \times 15$ mm
10 anillos, tipo 4C65, NiZn, $\mu \approx 100$
26 anillos, tipo 3C11, MnZn, $\mu \approx 4\ 300$
 - 2 Semicilindro de hoja de cobre pegado en la acanaladura
 - 3 Placa conductora inferior
 - 4 Barra de puesta a tierra
 - 5/6 Dispositivos de aplicación del cable sometido a ensayo en la acanaladura
Piezas de material aislante con muelles a presión (sin mostrar)
 - 7 Tubo de ferrita, 4C65
 - 8 Cable coaxial, $50\ \Omega$, con conector BNC
 - 9 Conmutador para la desconexión de Z1
 - 10 Ranura para la pieza nº 2
 - 11 Fijación elástica de la ferrita (semianillo superior)
 - 12 Placa aislante inferior
 - 13 Placa de protección para Z1, Z2
- ESE: Equipo sometido a ensayo
 Z1: Impedancia serie: C1: 20-100 pF, L1: 0,15 μ H, R1: 50 Ω /12 W
 Z2: Impedancia serie: L2: 0,8 μ H, R2: 50 Ω /12 W

Fig. A.3 – Detalles constructivos de la pinza electromagnética (EM)

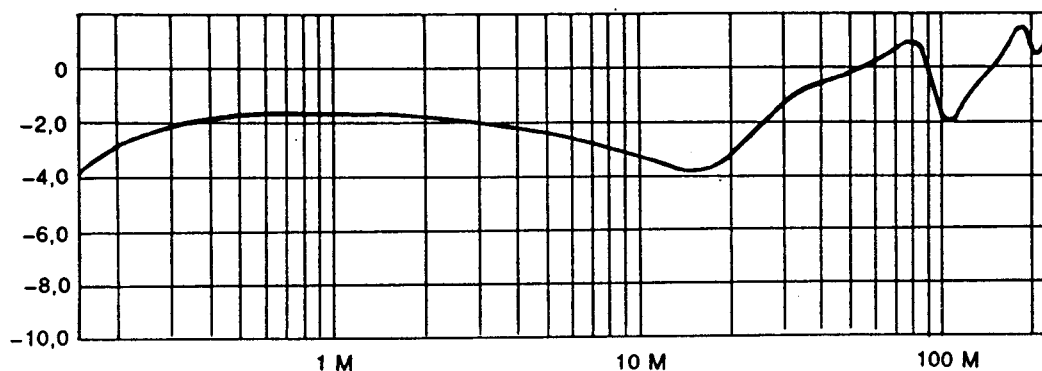


- 1 Tubo de ferrita (pinza) de longitud 0,6 m, \varnothing 20 mm, compuesto de 10 anillos 4C65 ($\mu \approx 100$) en el lado del ESE y 26 anillos 3C11 ($\mu \approx 4\,300$) en el del equipo auxiliar (EA)
- 2 Semicilindro de hoja de cobre
- 7 Tubo de ferrita ($\mu \approx 100$) incluido en la construcción de la pinza electromagnética (EM)
- Z1, Z2 Incluidas para optimizar la respuesta en frecuencia y la directividad
- G1 Generador de ensayo

Indicación para la pinza EM:

- acoplamiento magnético por el tubo de ferrita (posición 1)
- acoplamiento eléctrico por proximidad entre el cable del ESE y la hoja de cobre (posición 2)

Fig. A.4 – Concepto de pinza EM (pinza ElectroMagnética)



Características típicas de la construcción de una pinza electromagnética (EM) disponible en el mercado:

- Margen de frecuencias de funcionamiento: 0,15 MHz a 230 MHz
- Respuesta en frecuencia del factor de acoplamiento de la pinza electromagnética (EM).
- f.e.m. máxima según en la tabla 1:
 - 0,15 MHz a 100 MHz; 140 V máx. 15 V mín.
 - 100 MHz a 230 MHz; 140 V máx. 5 V mín.
- Directividad y desacoplamiento ESE/EA ≥ 10 dB por encima de 10 MHz

Fig. A.5 – Factor de acoplamiento de la pinza electromagnética (EM)

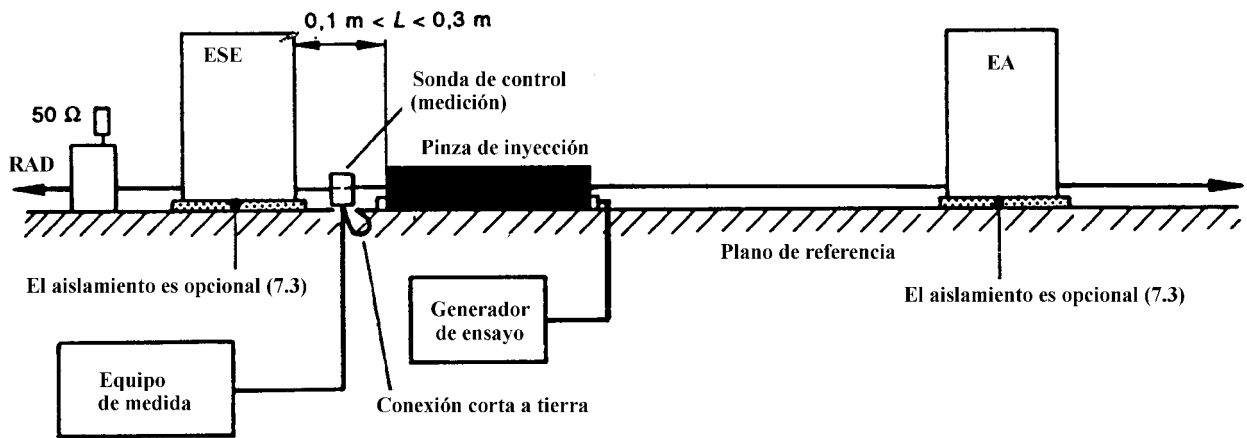
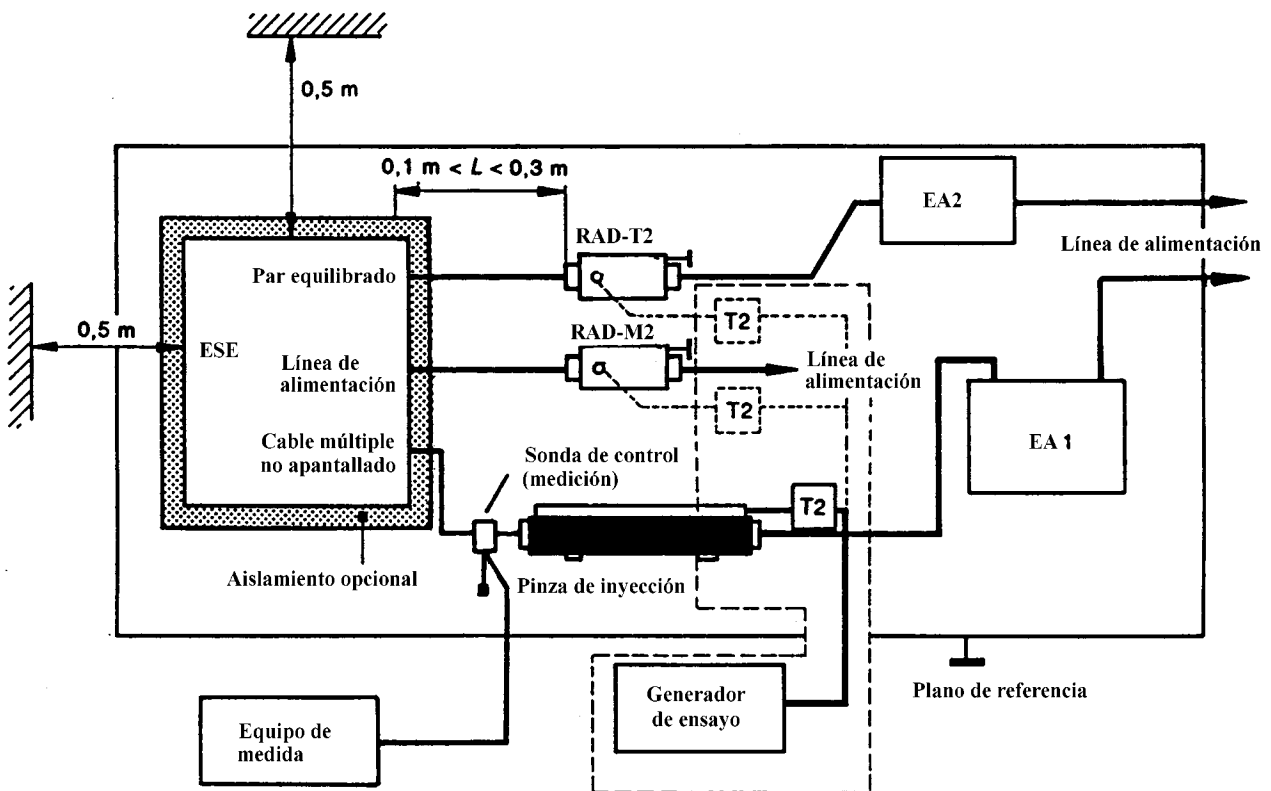


Fig. A.6 – Indicación general sobre la instalación del ensayo empleándose pinzas de inyección



NOTA – El ESE debe situarse al menos a 0,5 m de cualquier obstáculo metálico.

Todos los accesos de entrada no activados a las RAD deben de estar cargados con 50 Ω .

Fig. A.7 – Ejemplo de ubicación de los equipos sometidos a ensayo sobre el plano de referencia (vista en planta) con empleo de pinzas de inyección

ANEXO B (Informativo)**CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MARGEN DE FRECUENCIAS APLICABLE**

Aunque se especifiquen las exigencias de la norma para la gama de frecuencias de 150 kHz a 80 MHz, la gama de frecuencias aplicable depende de las condiciones normales de la instalación y del funcionamiento de los materiales a ensayar. Por ejemplo: un equipo pequeño alimentado con baterías, cuyas dimensiones absolutas son inferiores a 0,4 m y que no está conectado a ningún cable conductor, no es necesario ensayarlo por debajo de 80 MHz porque es probable que la energía RF inducida resultante del campo electromagnético (EM) perturbador no perturbe al dispositivo.

En general, la frecuencia final será de 80 MHz. En ciertos casos, para equipos de tamaño pequeño (longitud $< \lambda/4$), las normas especiales de productos pueden requerir que la frecuencia final sea prolongada hasta un máximo de 230 MHz. Los parámetros de los dispositivos de acoplamiento y desacoplamiento (tabla 3, segunda columna) se prolongarán de 80 MHz a 230 MHz. Cuando se utiliza este método de ensayo hasta frecuencias más altas, los resultados quedarán influenciados por: el tamaño de los equipos, el o los tipos de cables de interconexión empleados, la disponibilidad de RAD especiales, etc. Conviene suministrar indicaciones suplementarias para su correcta aplicación en las normas de producto.

La frecuencia inicial dependerá de la capacidad del equipo equipado con sus cables para captar una gran cantidad de energía de radiofrecuencia del campo electromagnético (EM) perturbador.

Se consideran tres situaciones diferentes.

- a) Los equipos alimentados con baterías (longitud $< \lambda/4$), sin conexión(es) ni a tierra ni a otro equipo (no aislado), y que no se usan durante la carga de las baterías no hace falta ensayarlos según esta norma. Si funcionan al cargarse las baterías, se aplican los casos b o c.

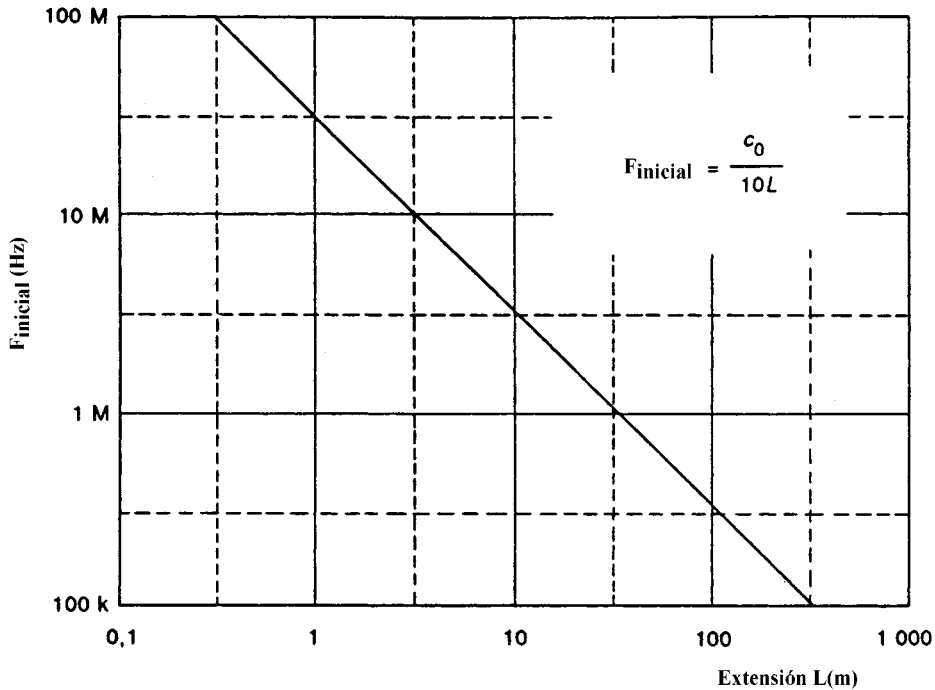
Para equipos alimentados con batería (longitud $\geq \lambda/4$), su dimensión, incluida la máxima longitud de los cables conectados, determina la frecuencia de partida, figura B.1.

- b) Equipos conectados a la red de alimentación (de potencia) pero a ningún otro equipo o cables.

La alimentación se suministra a través de un dispositivo de acoplamiento-desacoplamiento y el equipo se carga con la mano artificial. La frecuencia de partida es 150 kHz.

- c) Los equipos conectados a la red de alimentación (de potencia) y a otros equipos aislados o no por cables de control y de E/S o de telecomunicaciones.

La frecuencia inicial es de 150 kHz.



$$c_0 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

L = longitud del cable + tamaño del equipo

Ejemplos:

- Para un cable conectado a un teclado (longitud desplegada $\geq \lambda/4$) alimentado a través de un ordenador personal a baterías, por un cable en espiral con una longitud de 4 m, se aconseja emplear una frecuencia inicial de 6,67 MHz. Conviene colocar la mano artificial sobre el teclado. Para un ratón equipado con un cable de 2 m, la frecuencia inicial sería de 15 MHz, etc.
- Es aconsejable ensayar una calculadora de bolsillo dotada con un adaptador ca/cc por el lado de la alimentación a partir de 150 kHz. Conviene colocar la mano artificial sobre la calculadora.
- Es aconsejable ensayar un multímetro portátil alimentado por batería y unido a tierra por sus cables a partir de 150 kHz. Conviene colocar la mano artificial sobre el multímetro.
- Es aconsejable ensayar una unidad lectora de discos compactos (compact disc) con doble aislamiento alimentado por la red y que pueda conectarse a un receptor de audio, conectado a cajas de altavoces aisladas, pero disponiendo también de una entrada de antena que pueda conectarse a tierra, sobre el cable de alimentación de red y sobre su o sus cables de audio a partir de 150 kHz.
- Es aconsejable ensayar una alarma antirrobo dotada de diversos captadores aislados repartidos en un inmueble, cuya dimensión máxima de cable sea de 200 m (especificación del fabricante) sobre esos cables a partir de 150 kHz.

Fig. B.1 – Frecuencia inicial en función de la longitud de los cables y del tamaño de los equipos

ANEXO C (Informativo)

INDICACIONES PARA LA SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE ENSAYO

Conviene que los niveles de severidad se seleccionen conforme al entorno de radiación electromagnética al que estén expuestos el ESE y los cables en la instalación definitiva. Conviene tener en cuenta las consecuencias de los fallos al seleccionar el nivel de ensayo a emplear. En el caso de que las consecuencias del fallo sean importantes, conviene considerar un nivel mas elevado.

Si el ESE no está instalado más que sobre un número reducido de emplazamientos, el control de las fuentes de radiofrecuencia locales permitirá un cálculo de los campos susceptibles de coincidencia. Si no se conocen las potencias de las fuentes, puede ser posible medir el campo real en el sitio o sitios referidos.

Para los equipos destinados a funcionar en lugares diversos, pueden aplicarse las siguientes directrices para la selección del nivel de ensayo a emplear.

Las siguientes clases se refieren a los niveles listados en el capítulo 5; considerados como directrices generales para la selección de los niveles apropiados:

Clase 1: Entorno de radiación electromagnética de bajo nivel. Niveles típicos de estaciones de radio/televisión localizados a una distancia superior a 1 km. y niveles típicos de transmisores-receptores de poca potencia.

Clase 2: Entorno de radiación electromagnética moderado. Se emplean transmisores-receptores portátiles de pequeña potencia (normalmente inferiores a 1 W), pero con restricciones de uso estando muy próximos a los equipos. Entorno comercial típico.

Clase 3: Entorno de radiación electromagnética severo. Se emplean transmisores-receptores portátiles (2 ó mas vatios) a una distancia relativamente corta de los equipos pero no inferior a 1 m. Transmisores de radiodifusión de gran potencia se encuentran muy próximos de los equipos, y los equipos ISM pueden estar en lugares muy próximos. Entorno industrial típico.

Clase X: X es un nivel abierto que puede ser negociado y especificado en las especificaciones o normas de los equipos.

Los niveles de ensayo descritos son valores típicos que raramente son sobrepasados en los lugares descritos. En ciertos sitios, dichos valores son sobrepasados, por ejemplo en la proximidad de transmisores de gran potencia o equipos ISM situados en el mismo edificio. En este caso, es preferible apantallar la habitación o el inmueble y filtrar las señales y los cables de potencia del equipo, en vez de especificar la inmunidad de todos los equipos a dichos niveles.

ANEXO D (Informativo)

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE LAS REDES DE ACOPLAMIENTO Y DESACOPLOMIENTO

D.1 Características fundamentales de las redes de acoplamiento y desacoplamiento

Las redes de acoplamiento y desacoplamiento deben asegurar:

- el acoplamiento de la señal al ESE;
- una impedancia estable, vista desde el ESE, independiente de la impedancia en modo común del equipo auxiliar (EA);
- el desacoplamiento del equipo auxiliar (EA) de la señal perturbadora para evitar toda perturbación del equipo auxiliar (EA);
- la transparencia de la señal útil.

En el apartado 6.2 se muestran los parámetros típicos de las redes de acoplamiento y desacoplamiento en la gama de frecuencias de 150 kHz a 80 MHz, y en D.2 se dan ejemplos.

En las figuras de D.2, la impedancia en modo común, Z_{ce} , está formada por la impedancia interna del generador de ensayo (50Ω) y las n resistencias serie de 100Ω (véase figura 5c). Gracias a la utilización de una inductancia apropiada L ($|L\omega| \gg 150 \Omega$), los elementos de desacoplamiento C_2 no deben tener influencia sobre Z_{ce} .

El centro del acceso al ESE en la red de acoplamiento y desacoplamiento debe situarse a 30 mm por encima del plano de referencia. El cable entre la red de acoplamiento y desacoplamiento y el ESE puede representar una línea de transmisión con una impedancia característica de alrededor de 150Ω , si está situado a 30 mm por encima del plano de referencia.

La impedancia de los condensadores C_1 , que aseguran la separación entre la corriente continua y BF del generador de ensayo y de los diferentes hilos de la red de acoplamiento y desacoplamiento, debe de ser mucho menor que 150Ω dentro de la gama de frecuencias referidas.

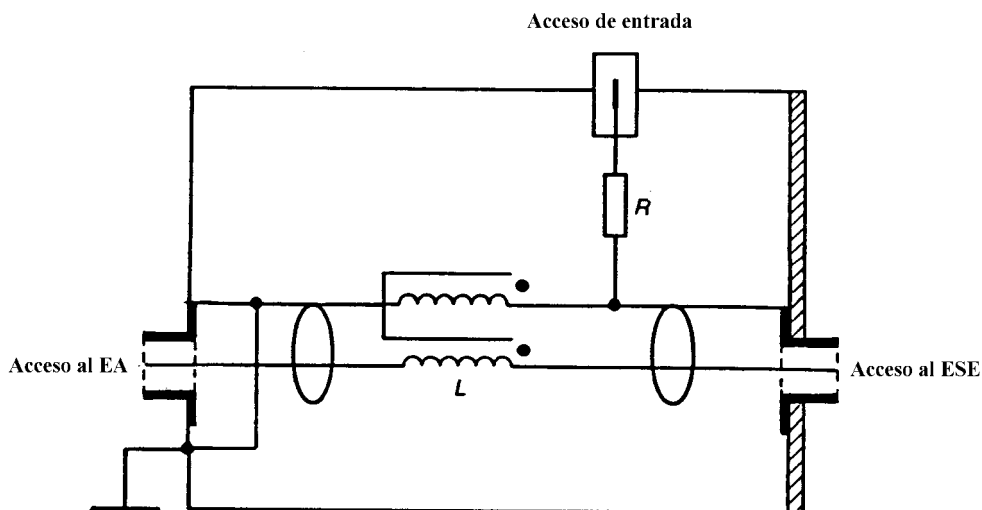
El equipo auxiliar (EA) se desacopla por una inductancia en modo común L , y por las capacidades C_2 para los cables no apantallados o únicamente por una inductancia en modo común L . Para cables apantallados, no es necesario emplear el condensador C_2 ya que el apantallamiento se conectará directamente al plano de referencia, del lado del equipo auxiliar (EA). El apartado D.2 muestra ejemplos de redes de acoplamiento y desacoplamiento para cables apantallados y no apantallados.

Para cables no apantallados, el valor de C_2 se elige de modo que la señal útil no esté afectada. Los parámetros de la red de acoplamiento y desacoplamiento no deberán igualmente ser afectados por la señal útil por ejemplo por la saturación de la(s) ferrita(s) de la RAD-MI.

Precaución: Dado que C_1 y C_2 pueden estar en contacto con las partes en tensión de las redes de acoplamiento y desacoplamiento, deben emplearse capacidades apropiadas de clase Y imperativamente. Dada la importancia de las intensidades de fuga, los dispositivos RAD-Mx deben, cualesquiera que sean las condiciones, disponer de un borne de tierra conectado al plano de referencia.

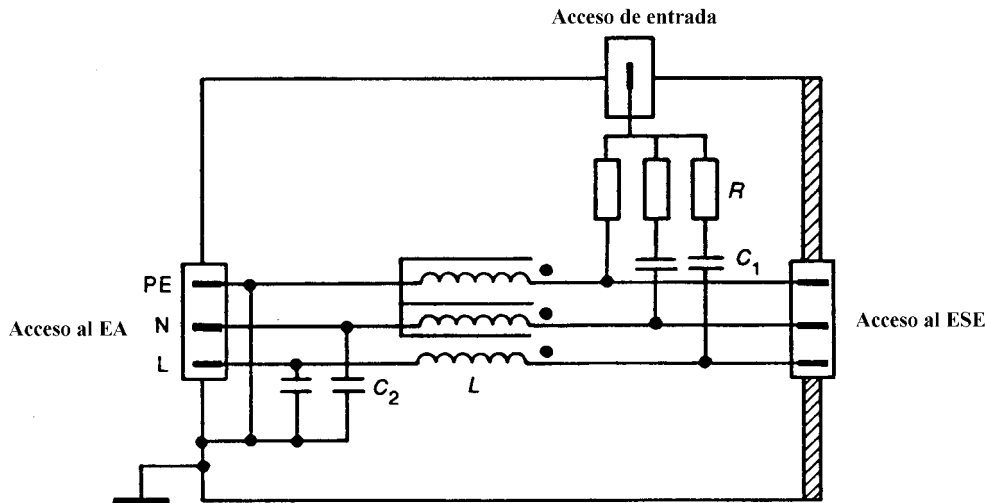
D.2 Ejemplos de redes de acoplamiento y desacoplamiento

En las figuras D.1 a D.6 se presentan un cierto número de posibilidades, dado que es imposible cubrir todas las condiciones funcionales con una sola red de acoplamiento y desacoplamiento.



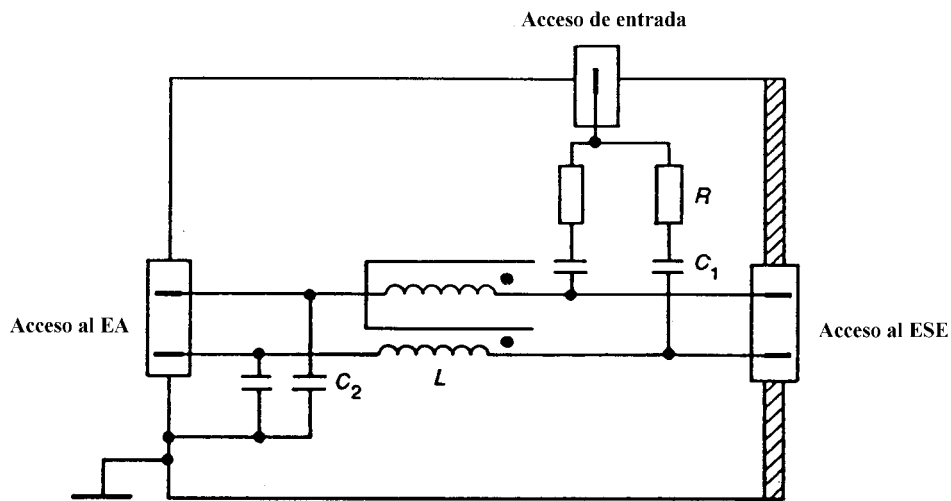
NOTA - $R = 100 \Omega$
 $L \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz

Fig. D.1 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-S1 empleándose cables apantallados (véase 6.2.1)



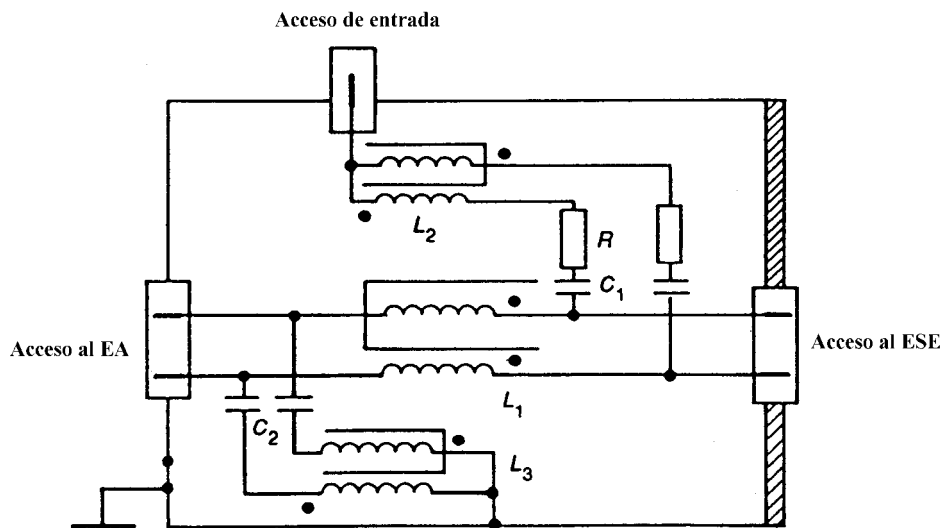
NOTA - RAD-M3, C_1 (típico) = 10 nF, C_2 (típico) = 47 nF, $R = 300 \Omega$, $L \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz.
 RAD-M2, C_1 (típico) = 10 nF, C_2 (típico) = 47 nF, $R = 200 \Omega$, $L \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz.
 RAD-M3, C_1 (típico) = 22 nF, C_2 (típico) = 47 nF, $R = 100 \Omega$, $L \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz.

Fig. D.2 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-M1/-M2/-M3 empleándose cables de alimentación no apantallados (véase 6.2.2.1)



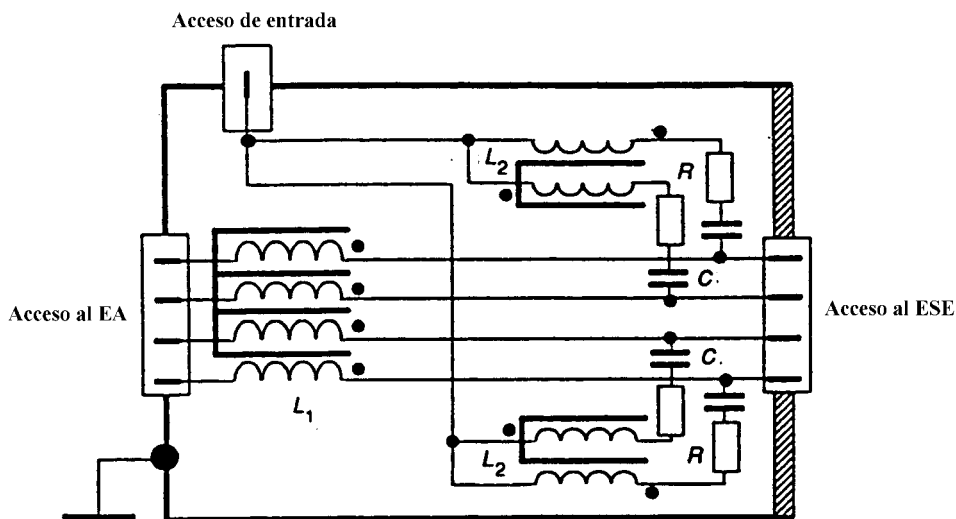
NOTA - C_1 (típico) = 10 nF
 C_2 (típico) = 47 nF
 $R = 200 \Omega$
 $L \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz

Fig. D.3 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-AF2 empleándose líneas de comunicación desequilibradas no apantalladas (véase 6.2.2.3)



NOTA - C_1 (típico) = 5,6 nF
 C_2 (típico) = 47 nF, $R = 200 \Omega$
 $L_1 \geq 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz
 $L_2 = L_3 = 6 \text{ mH}$ (si no se utilizan C_2 y L_3 , $L_1 \geq 30 \text{ mH}$)

Fig. D.4 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T2 empleándose pares equilibrados no apantallados (véase 6.2.2.2)



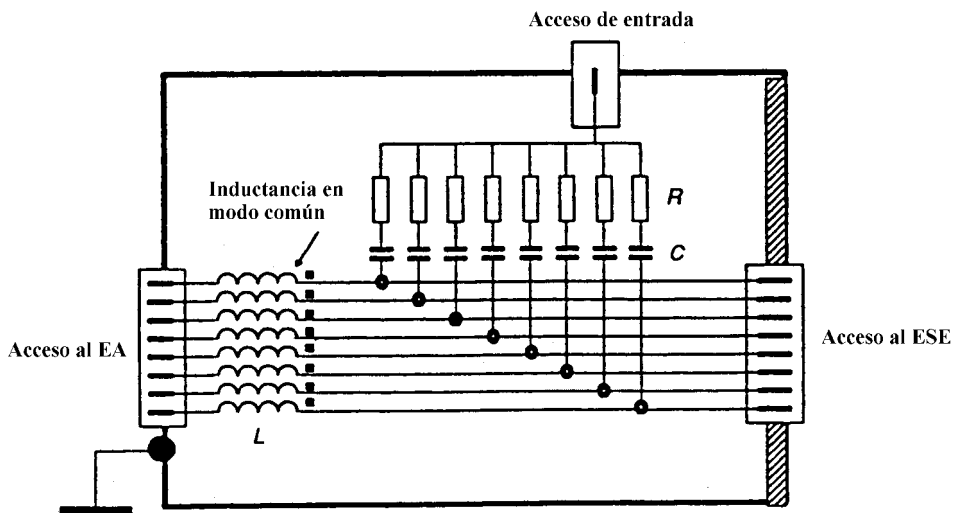
NOTA - C_1 (típico) = 5,6 nF

$R = 400 \Omega$

$L_1 \gg 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz

$L_2 = 6 \text{ mH}$

Fig. D.5 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T4 empleándose pares equilibrados no apantallados (véase 6.2.2.2)



NOTA - C (típico) = 2,2 nF

$R = 800 \Omega$

$L \gg 280 \mu\text{H}$ a 150 kHz

Fig. D.6 – Ejemplo de un esquema simplificado de un circuito RAD-T8 empleándose pares equilibrados no apantallados (véase 6.2.2.2)

ANEXO E (Informativo)

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE LA ESPECIFICACIÓN DEL GENERADOR DE ENSAYO

La potencia de salida del amplificador de potencia AP, (figura 3) se determina tomando en cuenta el atenuador T_2 (6 dB), la profundidad de la modulación en amplitud (80 %), (véase figura 4) y el factor mínimo de acoplamiento de la RAD o de la pinza empleadas.

Tabla E.1
Potencia de salida del amplificador de potencia necesario
para la obtención de un nivel de ensayo de 10 V_{f.e.m.}

Dispositivo de inyección	Factor mínimo de acoplamiento $\pm 1,5$ dB	potencia requerida a la salida del AP W
RAD	0	7
Relación de transformación de la pinza de intensidad	-14	176
Pinza electromagnética (EM)	-6	28

NOTA – El factor de acoplamiento se define en 4.5. Es posible medirlo empleándose el procedimiento de corrección del nivel de salida, véase figura 8c. El factor de acoplamiento es igual a la relación entre la tensión de salida, U_{ms} , obtenida por el empleo de un dispositivo de acoplamiento y desacoplamiento en serie con un adaptador 150 Ω a 50 Ω , y la tensión de salida obtenida empleándose dos adaptadores de 150 Ω a 50 Ω .

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 (incluidas las modificaciones).

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

Norma CEI	Fecha	Título	EN/HD	Fecha	Norma UNE correspondiente ¹⁾
50(131)	1978	Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI). Capítulo 131: Circuitos eléctricos y magnéticos.			UNE 21302-131:1981
50(161)	1990	Capítulo 161: Compatibilidad electromagnética.			UNE 21302-161:1992
1000-4-3	1995	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Sección 3: Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos radiados de radiofrecuencia.			UNE-EN 61000-4-3:1997
CISPR 16-1	1993	Especificaciones de los métodos y de los aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte 1: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas			PNE 20503-1 ²⁾
CISPR 20	1990	Límites y métodos de medida de las características de inmunidad de los receptores de radiodifusión y de televisión y equipos asociados.	3)		

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

2) En preparación.

3) Véase la Norma Europea EN 55020:1994, *Inmunidad electromagnética de los receptores de radiodifusión y aparatos asociados*. [UNE-EN 55020:1996].

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