

Accreditación de laboratorios de pruebas de EMC y Telecomunicaciones



Objetivo

“ASPECTOS TÉCNICOS” DE LA ACREDITACIÓN
DE LABORATORIOS DE PRUEBA DE:

- COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA; Y
- TELECOMUNICACIONES

DE ACUERDO CON 17025.

Introducción

A la fecha todos los laboratorios de ensayo y de calibración “acreditados” en México, operan con un sistema de gestión de la calidad basado en la norma mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006, equivalente a la ISO/IEC 17025:2005.

En un marco globalizado, el objetivo es demostrar la capacidad de los Laboratorios Mexicanos con el afán de jugar en igualdad de condiciones con Laboratorios internacionales en el mismo “terreno”, con las mismas características técnica para los “equipos”, mismas “reglas” y al mismo tiempo consolidando un sistema basado en:

“La mejora continua”.

Aspectos de la acreditación NMX-EC-17025-2006

- 5. Requisitos técnicos
 - 5.1. Generalidades
 - 5.2. Personal
 - 5.3. Instalaciones y condiciones ambientales
 - 5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos
 - 5.5. Equipos
 - 5.6. Trazabilidad de las mediciones
 - 5.7. Muestreo
 - 5.8. Manipulación de los items de ensayo
 - 5.9. Aseguramiento de resultados de ensayo
 - 5.10. Informe de resultados

5.3. Instalaciones y condiciones ambientales

Las instalaciones típicas de un Laboratorio de EMC y Telecomunicaciones son:

1. Sitio de pruebas para emisiones “Radiadas”
2. Sitio de pruebas para emisiones “Conducidas”
3. Sitio de pruebas de “ESD”

Sitios de pruebas para emisiones “Radiadas”

1. Sitio de pruebas en campo abierto
2. Recintos blindados con absorbentes
 - a) Cámara anecoica
 - a) Cámara semi-anecoica/modificada

Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Cumplir con los requisitos de la IEC/CISPR 16-1-4

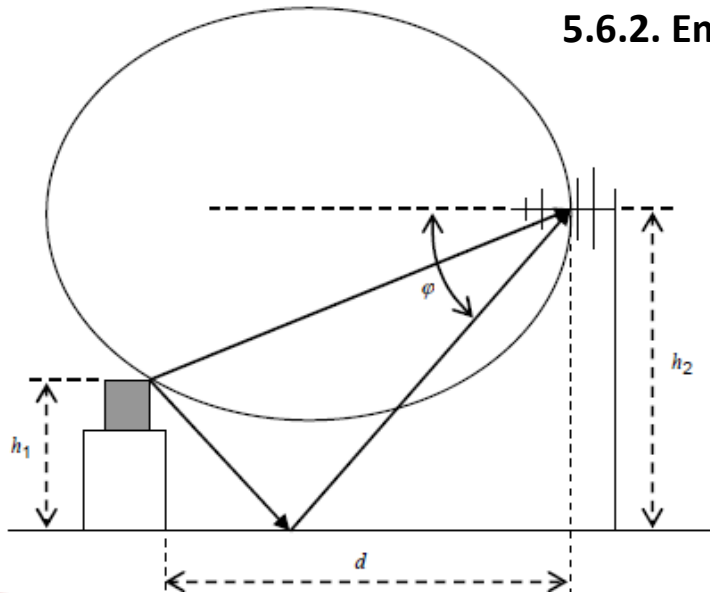
1. Medición de señales con frecuencias de 30 MHz a 1 GHz
 - a) Configuración de prueba
 - b) Área libre de obstrucciones
 - c) Nivel de señales ambientales de RF
 - d) Dimensiones de la elipse del CISPR
 - e) Rugosidad
 - f) Plano de tierra
 - g) Atenuación del sitio normalizada (NSA)
2. Medición de señales con frecuencias de 1 GHz a 18 GHz
 - a) Transformar el OATS en FOATS
 - b) Mesa de prueba no reflejante
 - c) Relación de Onda estacionaria del Sitio (sVSWR)

Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

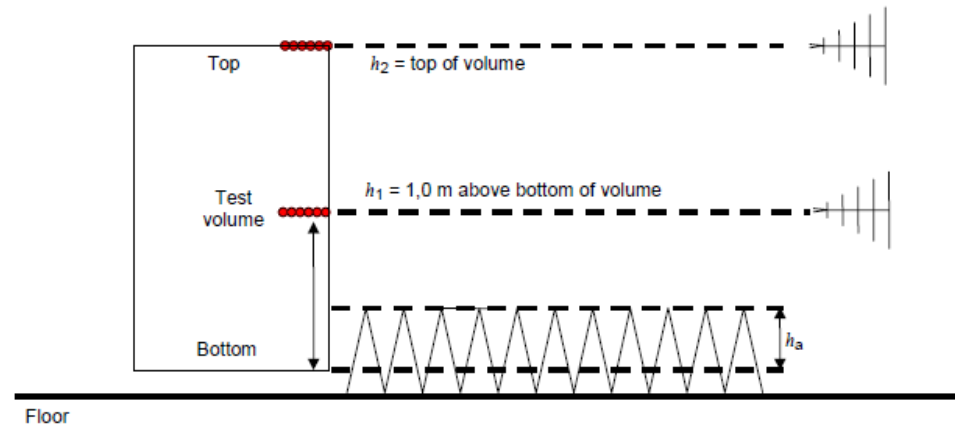
Configuraciones de prueba emisiones radiadas CISPR, FCC, NOM-121

5.6.1. Atenuación de emisiones no esenciales

5.6.2. Emisiones no esenciales en bandas restringidas



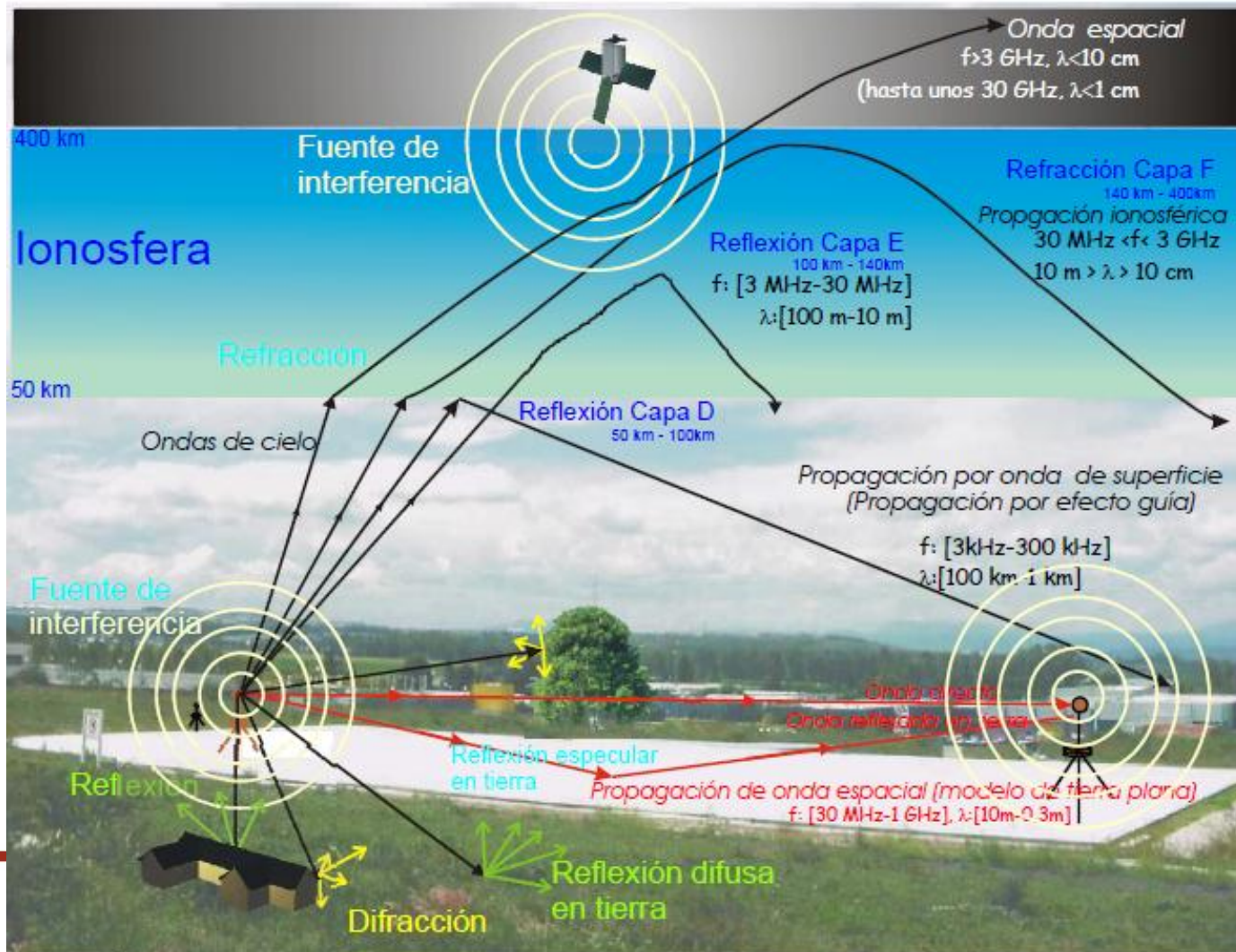
Intervalo de 30 MHz a 1 GHz
(Sin absorbente en el piso)



Intervalo de 1 GHz a 18 GHz
(Con absorbente en el piso)

Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Área libre de obstrucciones y Nivel de señales ambientales de RF

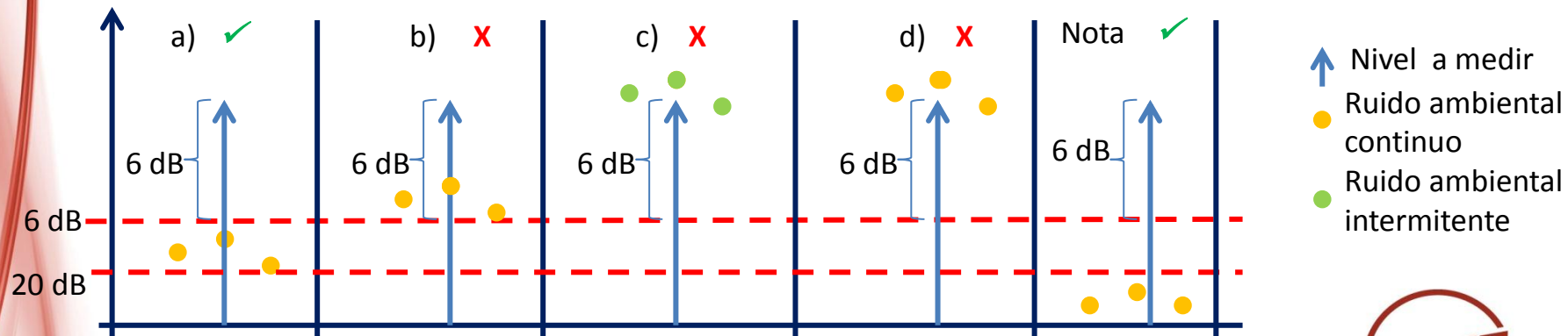


Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Nivel de señales ambientales de RF

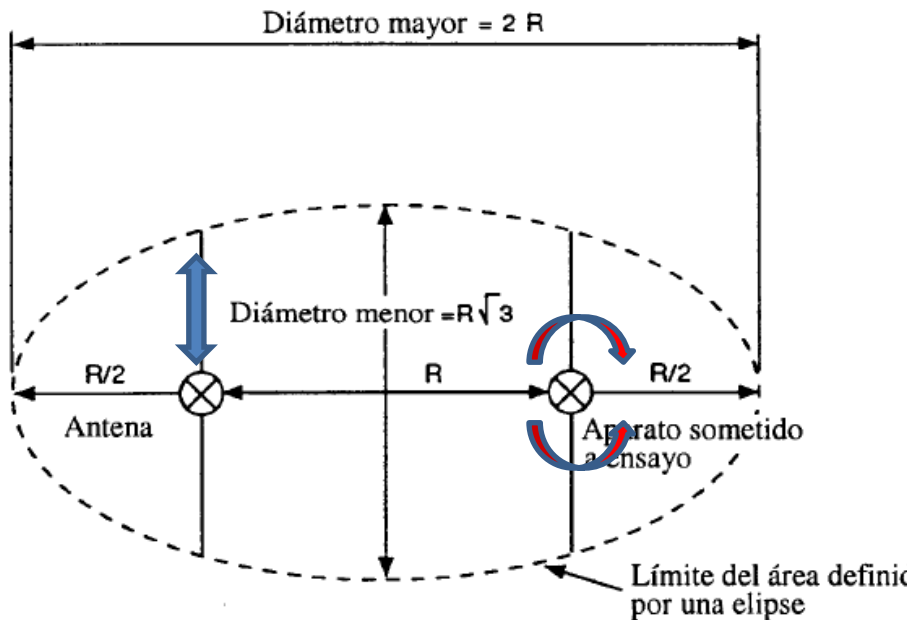
Los niveles de radio frecuencia ambientales en el sitio de prueba deben ser lo suficientemente bajos comparados con los niveles de las mediciones a realizar.

La calidad del sitio a este respecto puede evaluarse en cuatro categorías, listadas a continuación en orden de merito:

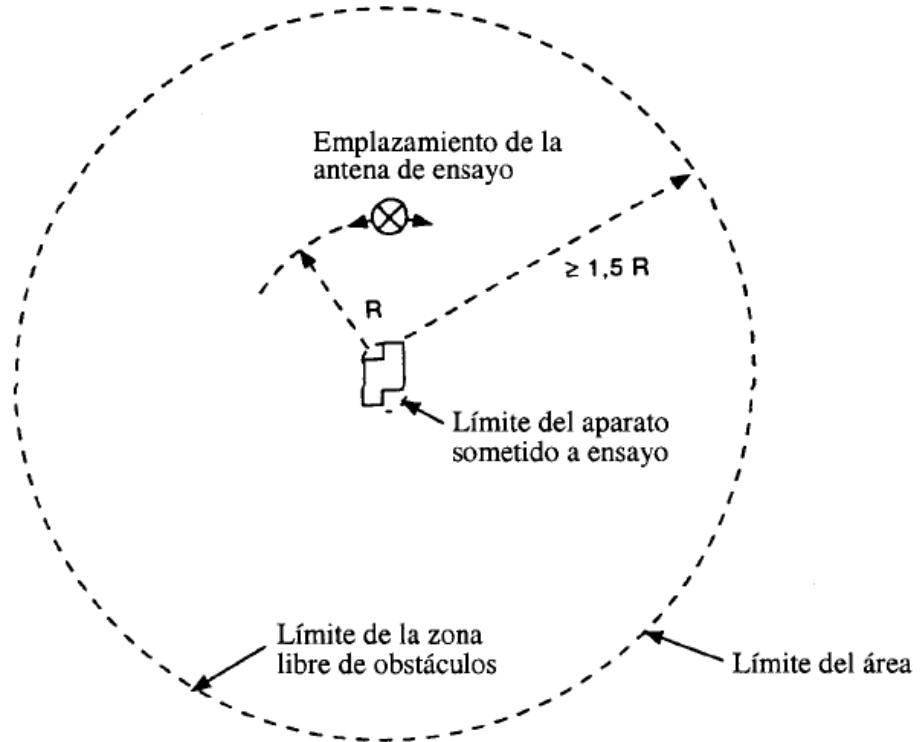


Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Dimensiones de la elipse del CISPR



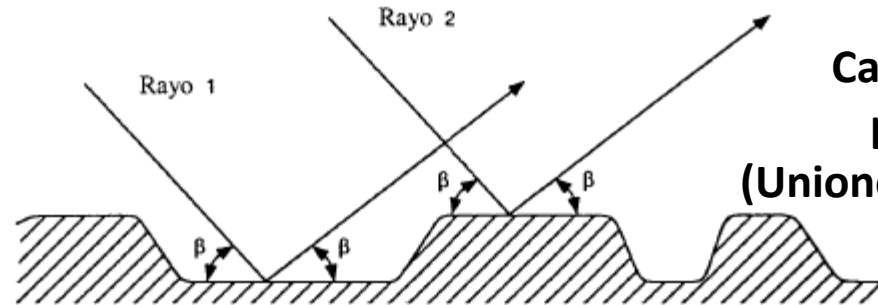
Área libre de obstrucciones en un OATS con mesa giratoria



Área libre de obstrucciones en un OATS sin mesa giratoria

Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Rugosidad y Plano de tierra



Características del plano de tierra (Uniones, discontinuidades)

Fig. 43 – Criterio de Rayleigh para la rugosidad del plano de suelo (anexo L, capítulo L.2.2)

Distancia de medida R	Altura de la fuente h_1	Altura máxima de la antena de recepción h_2	Rugosidad máxima (valor eficaz) b	
			En longitudes de onda	A 1 000 MHz cm
m	m	m		
3	1	4	0,15	4,5
10	1	4	0,28	8,4
30	2	6	0,49	14,7

Los valores de b son calculados a partir de la fórmula

Perforaciones menores que (1/10) de la longitud de onda, de la frecuencia más alta que se mida en el sitio (p.e. para 1 GHz = 3 cm)

$$b = \frac{\lambda}{8 \sin \beta}$$

Sitio de pruebas en campo abierto (OATS)

Influencia del soporte del EBP en las mediciones

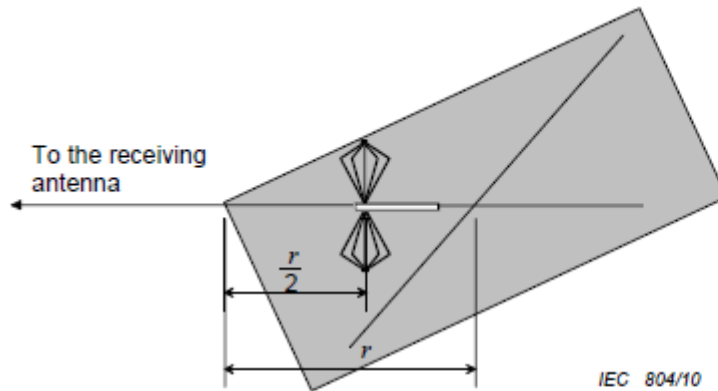


Figure 14 – Position of the antenna relative to the edge above a rectangle set-up table (top view)

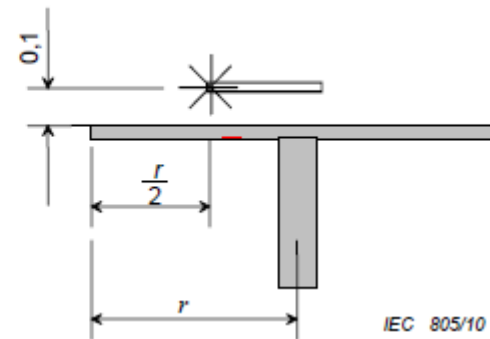
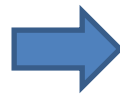


Figure 15 – Antenna position above the set-up table (side view)

NOTE Set-up table construction and the type of materials will vary among test laboratories. It is sufficient to determine the worst-case value of Δ (or $V_{R,with}$) in the determination of u_{table} .

$$\Delta(f) = |V_{R,con}(f) - V_{R,sin}(f)|$$

$$\Delta_{max} = \max |V_{R,con}(f) - V_{R,sin}(f)|$$



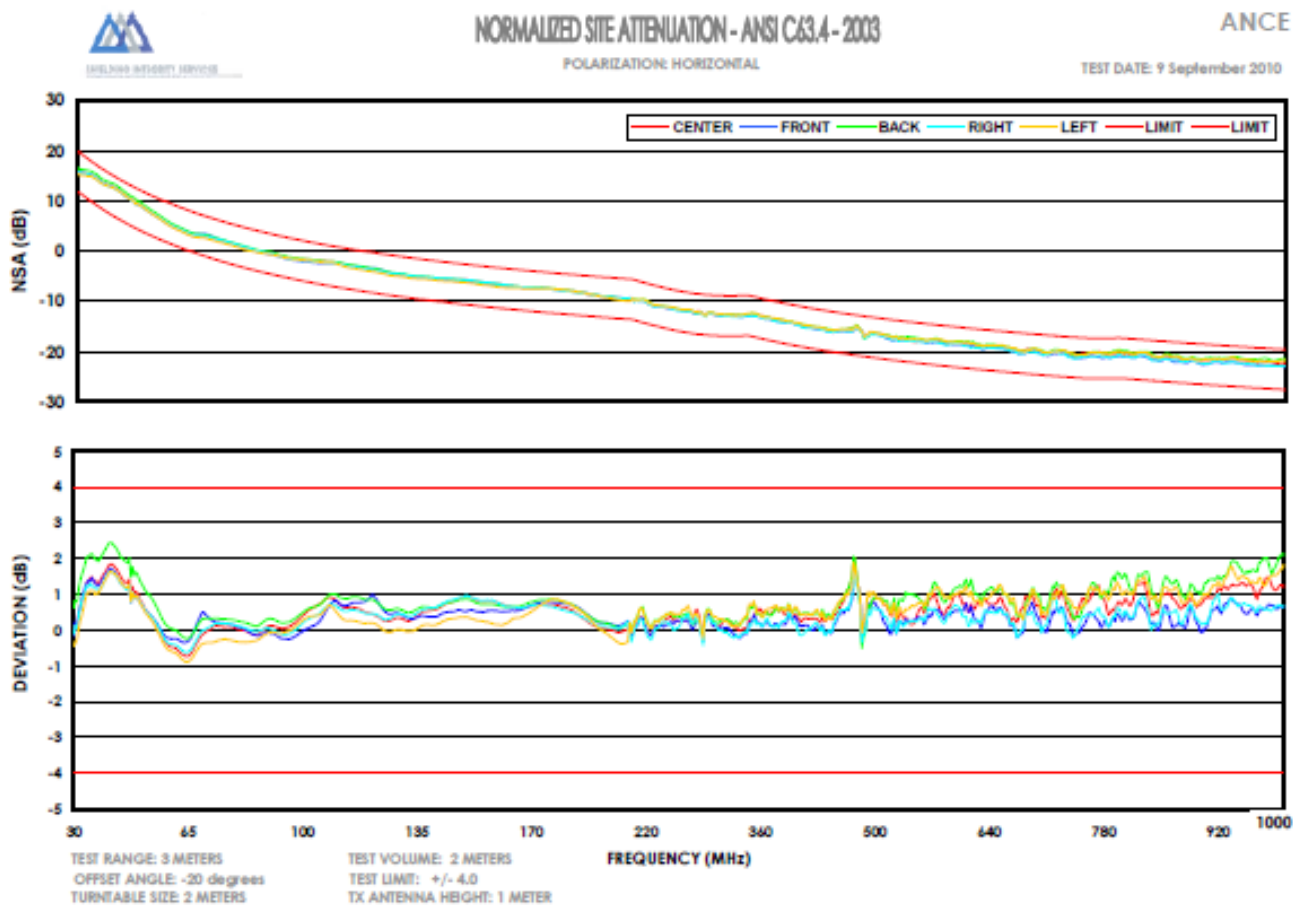
$$u_{mesa} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Delta_{max}$$

Contribución del soporte (mesa) en la incertidumbre de la medición



NSA

Atenuación del Sitio Normalizada de 30 MHz a 1 GHz $\leq \pm 4$ dB

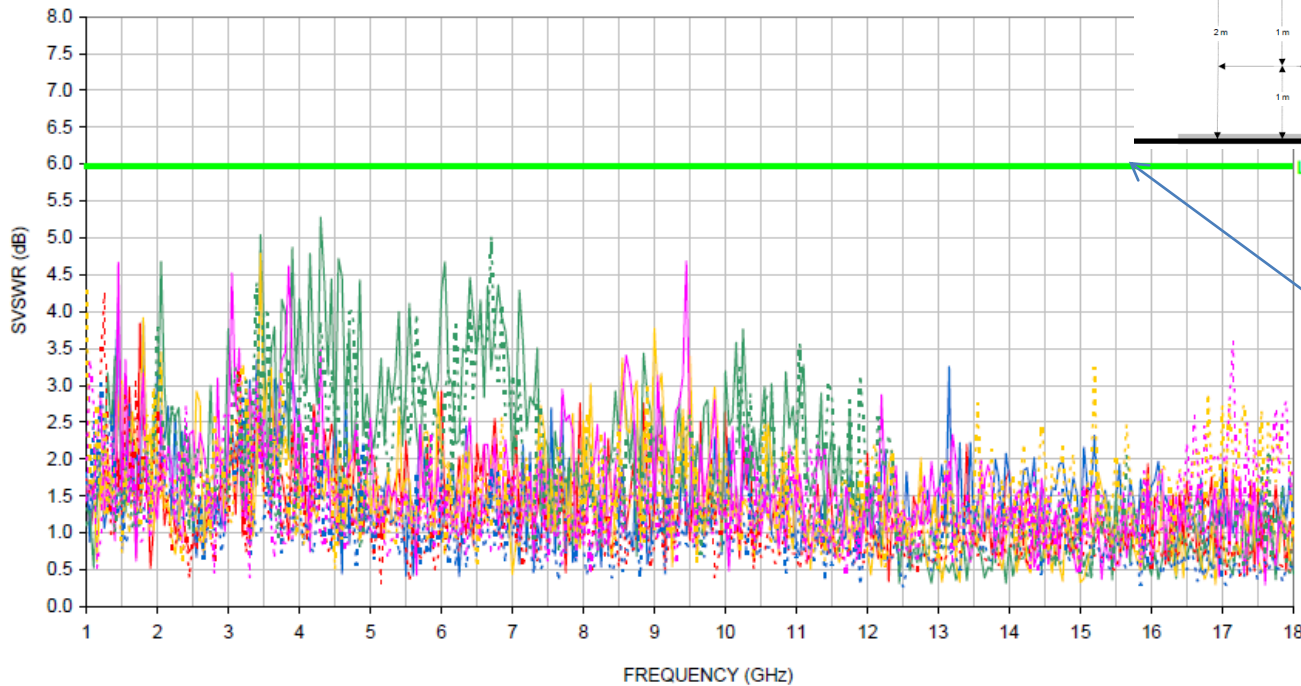


sVSWR

Relación de onda estacionaria del Sitio de 1 GHz a 18 GHz < 6 dB

CISPR 16-1-4 - sVSWR

Site VSWR Measurements
 ANCE
 9 September 2010



- Center (H)
- Front (H)
- Front Upper (H)
- Right (H)
- Left (H)
- - - Center (V)
- - - Front (V)
- - - Front Upper (V)
- - - Right (V)
- - - Left (V)

TX Antenna level orientation
 Always pointing towards RX antenna
 2 meter height measurement is only at turntable front location

RX Antenna aligned with test volume/turntable center point for all measurement mid-points

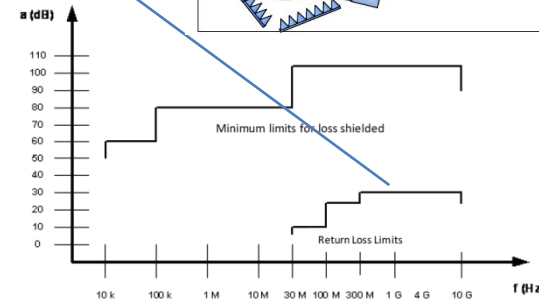
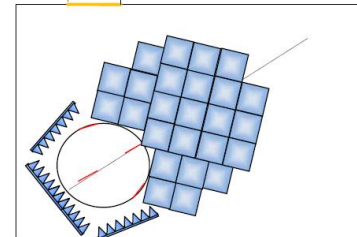
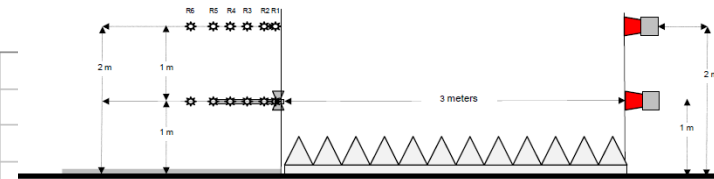


Figure A.2
 Shielding and reflections specifications

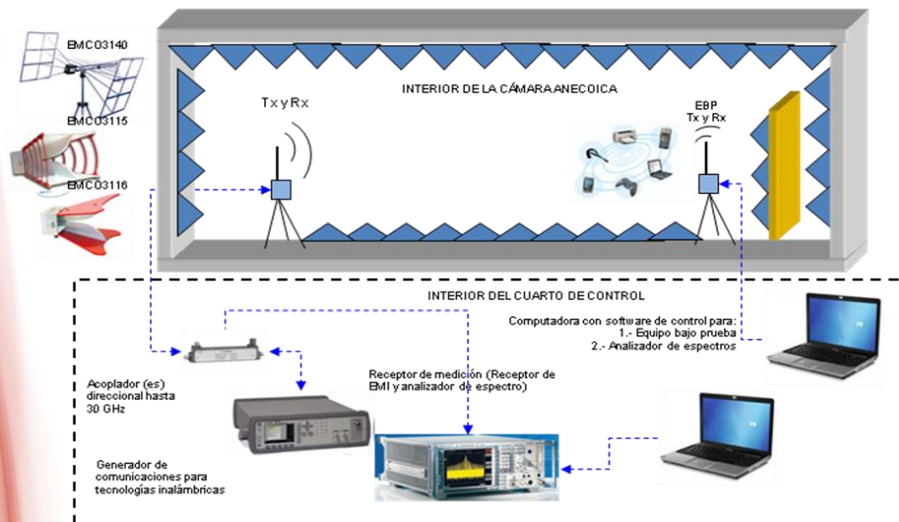
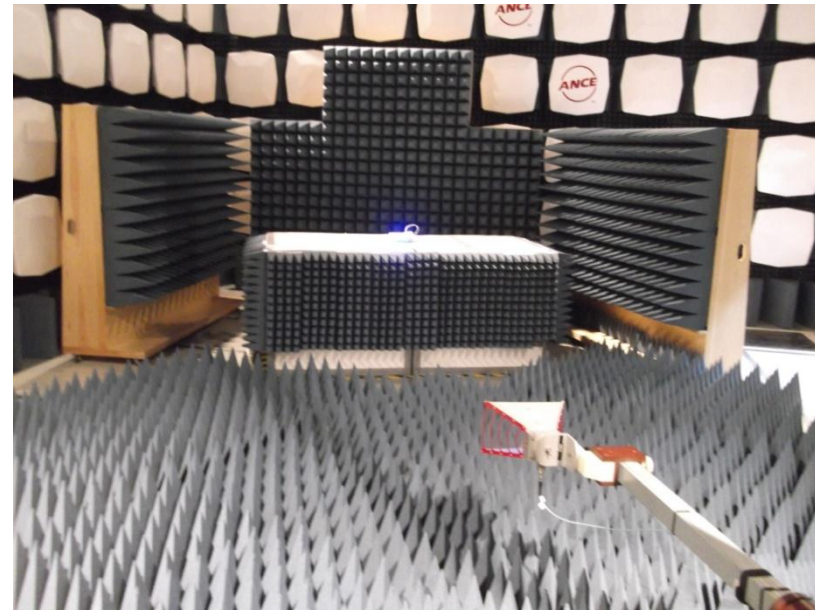
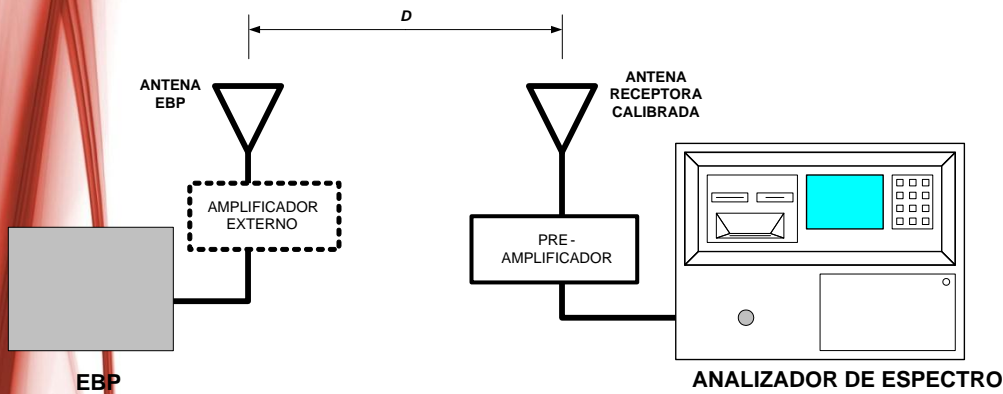


Recintos blindados con absorbentes

Cumplir con los requisitos de la IEC/CISPR 16-1-4

1. Medición de señales con frecuencias de 30 MHz a 1 GHz
 - a) Configuración de prueba
 - b) Área libre de obstrucciones
 - c) Dimensiones de la elipse del CISPR
 - d) Rugosidad
 - e) Plano de tierra
 - f) Blindaje del recinto (IEEE 299)
 - g) Atenuación del sitio normalizada (NSA)
2. Medición de señales con frecuencias de 1 GHz a 18 GHz
 - a) Transformar el SAC en FAR
 - b) Mesa de prueba no reflejante
 - c) Relación de Onda estacionaria del Sitio (sVSWR)

Sitios de pruebas para emisiones "Radiadas" - SAC



Recintos blindados con absorbente (SAC & FAC)

Configuraciones de prueba emisiones radiadas CISPR, FCC, NOM-121

5.6.1. Atenuación de emisiones no esenciales

5.6.2. Emisiones no esenciales en bandas restringidas



Intervalo de 30 MHz a 1 GHz
(Sin absorbente en el piso)

NSA



Intervalo de 1 GHz a 18 GHz
(Con absorbente en el piso)

sVSWR

Blindaje

Blindaje del recinto de 30 MHz a 10 GHz > 110 dB

IEEE 299

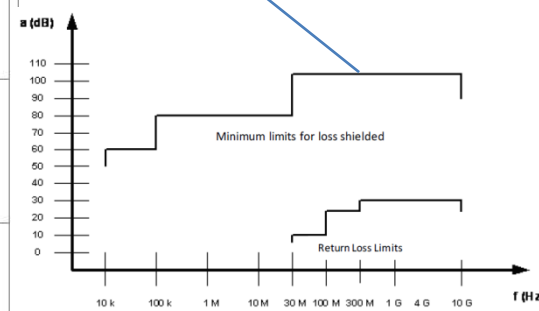
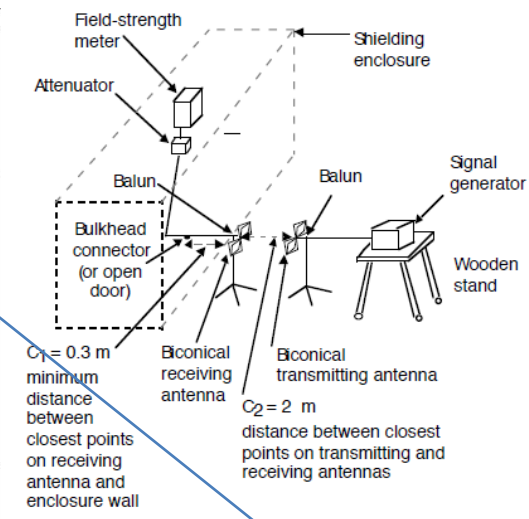
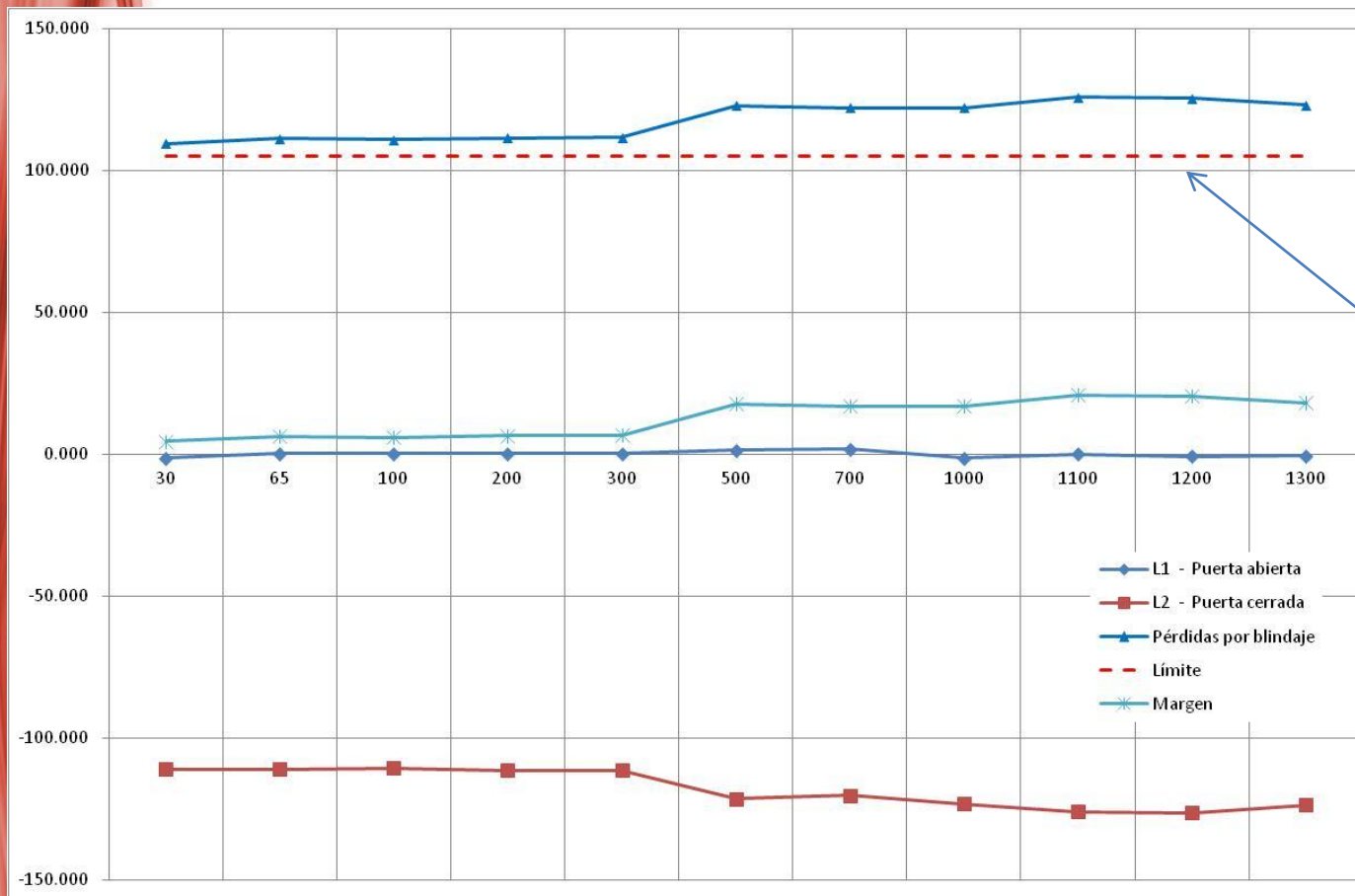
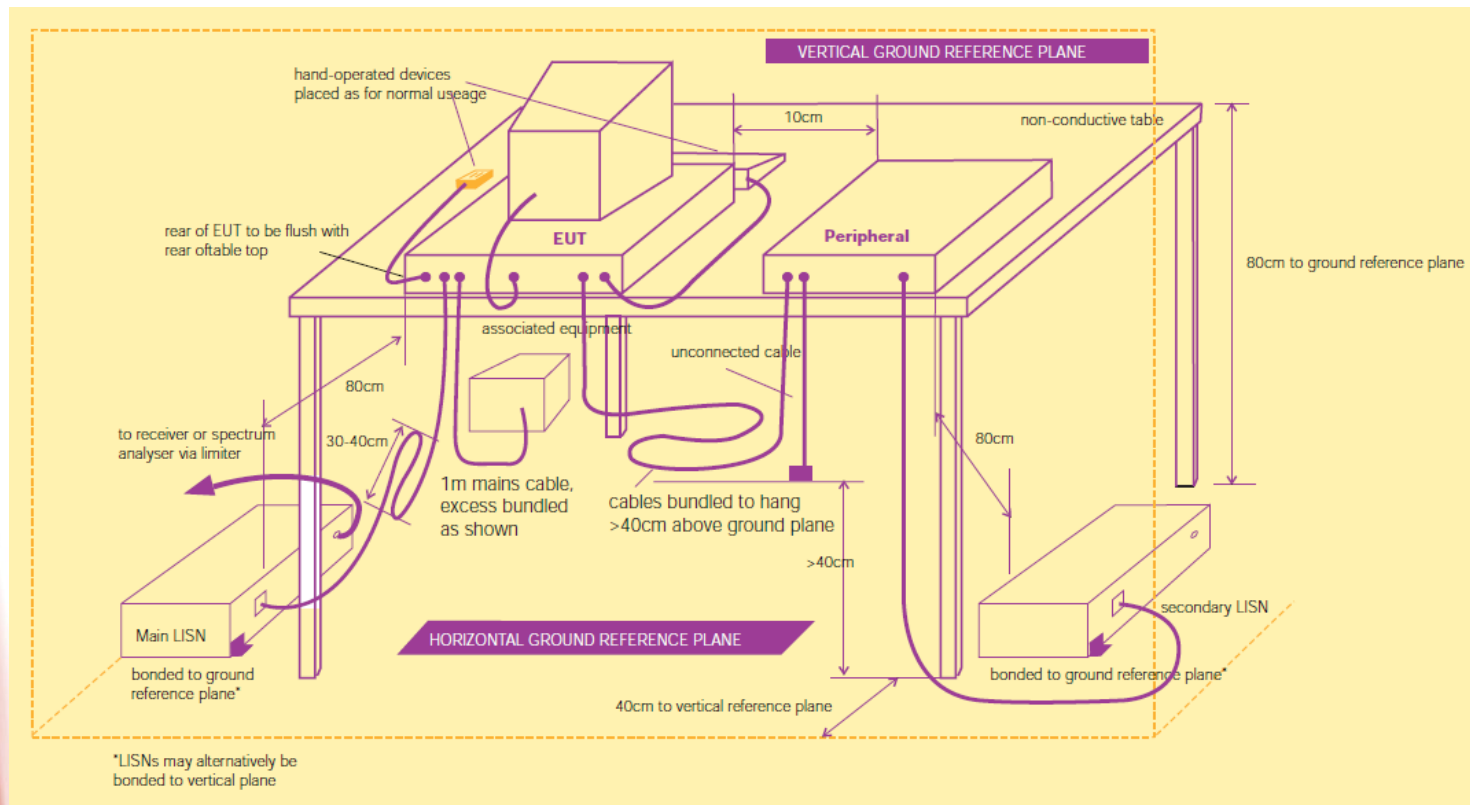


Figure A.2
Shielding and reflections specifications



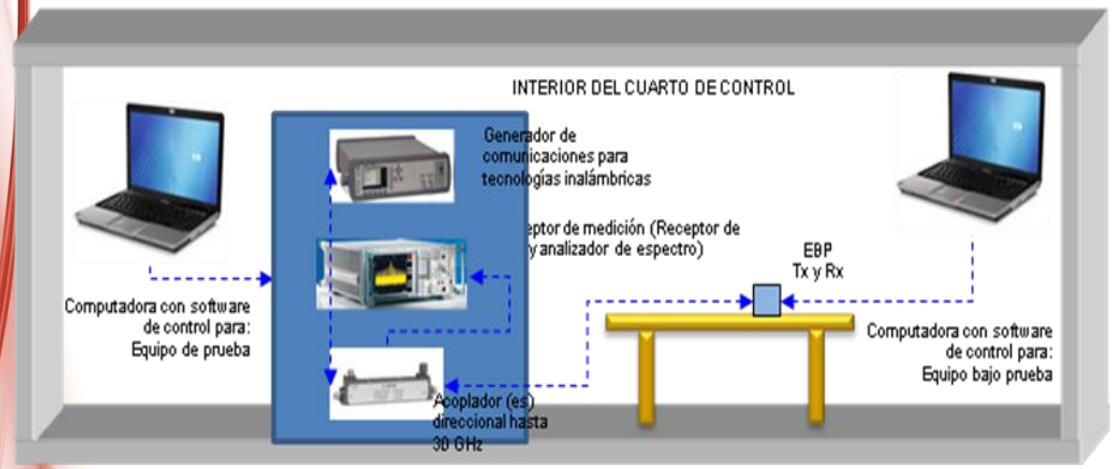
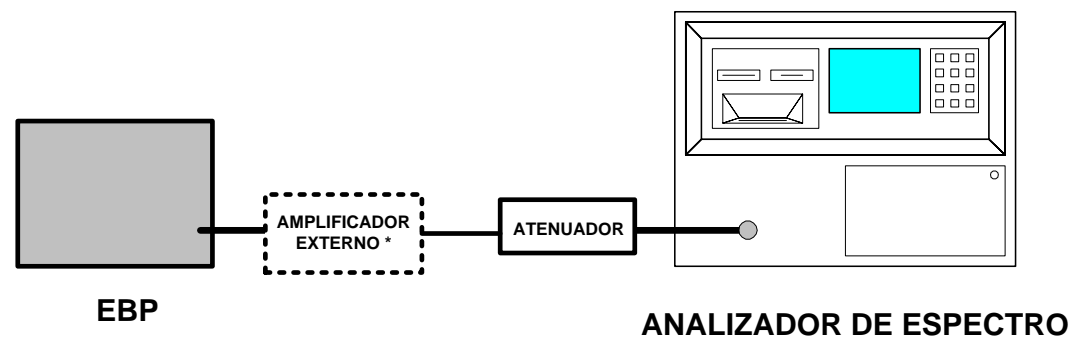
Sitios de pruebas para emisiones “Conducidas”

1. En terminales de alimentación



Sitios de pruebas para emisiones “Conducidas”

1. En terminales de antenas de RF



Sitios de pruebas para Descargas electrostáticas (ESD)

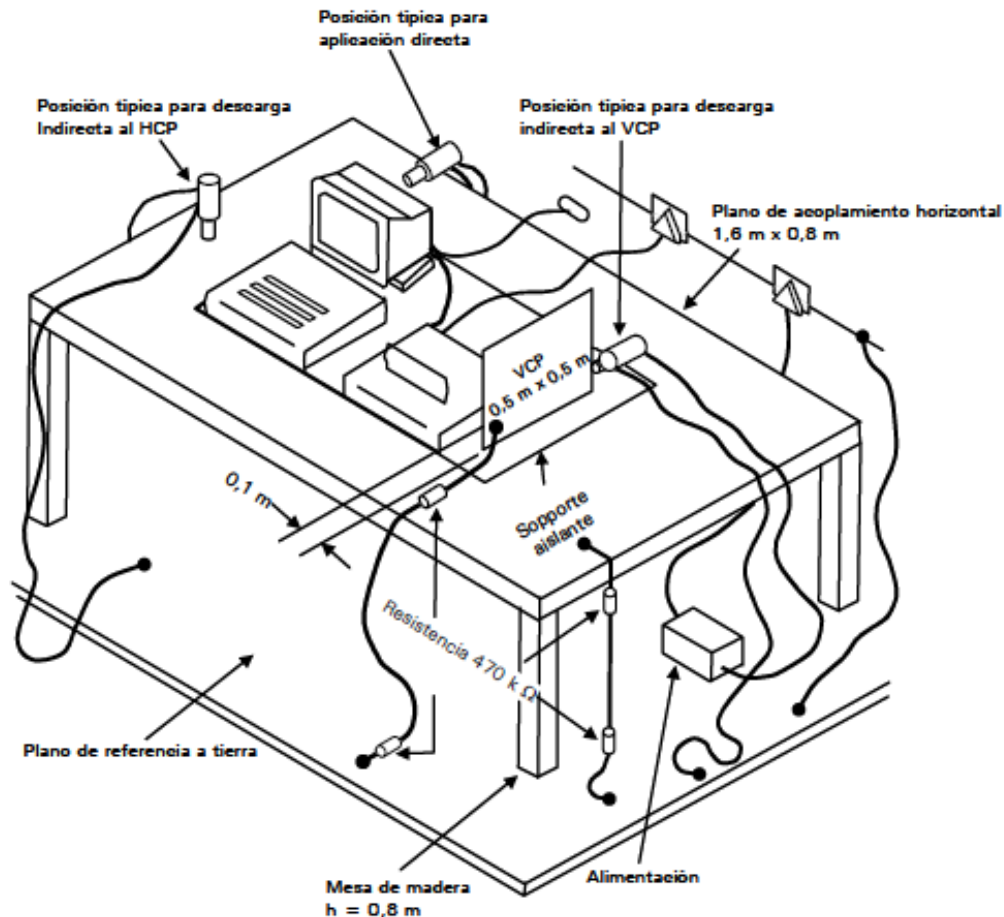


FIGURA 5.- Ejemplo de instalación de prueba para un equipo de sobremesa, pruebas en laboratorio

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Emisiones conducidas en terminales de AC para $f \leq 2$ kHz
2. Emisiones conducidas en terminales de AC para $f > 9$ kHz
3. Emisiones conducidas en terminales de antenas de RF
4. Emisiones radiadas para $f \leq 1$ GHz
5. Emisiones radiadas para $f > 1$ GHz
6. Inmunidad radiada
7. Inmunidad conducida en terminales de AC – Impulsos
8. Inmunidad conducida en terminales de AC – RF
9. Inmunidad a descargas electrostáticas

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición – NOM-121-SCT1-2009 :

1. Emisiones conducidas en terminales de antenas de RF
2. Emisiones radiadas para $f \leq 1$ GHz
3. Emisiones radiadas para $f > 1$ GHz
 - a) Banda de frecuencias *
 - b) PIRE (sólo para emisiones radiadas).
 - c) Ancho de banda a 20 dB / 6 dB *
 - d) Número de canales de salto **
 - e) Tiempo promedio de ocupación de canal de salto ***
 - f) Potencia pico máxima de salida
 - g) Separación entre frecuencias portadoras *
 - h) Densidad espectral de potencia
 - i) Atenuación de emisiones no esenciales
 - j) Emisiones no esenciales dentro de bandas restringidas

..... Nivel de potencia....

5.4. Métodos de prueba

NOM-121-SCT1-2009

- 5. Métodos de prueba
 - 5.1 Condiciones, cuidados y configuraciones de medición.
 - 5.2 Comprobación de las especificaciones generales para todos los equipos de radiocomunicación por espectro disperso (relativa a las especificaciones 4.1)
 - 5.3 Comprobación de las especificaciones para los equipos del tipo salto de frecuencia (relativa a las especificaciones 4.2)
 - 5.4 Comprobación de las especificaciones para los equipos del tipo modulación digital (relativas a las especificaciones 4.3)
 - 5.5 Comprobación de las especificaciones para los equipos del tipo híbrido (relativa a las especificaciones 4.4)
 - 5.6 Comprobación de las emisiones no esenciales para todos los tipos de equipo (salto de frecuencia, modulación digital e híbrido) (relativa a la especificación 4.5)
 - 5.7 Comprobación sobre el contenido del manual de usuario
 - 5.8 Estimación de la incertidumbre de las mediciones
 - 5.9 Informe de pruebas

5.1 Condiciones, cuidados y configuraciones de medición

5.1 Sitio de prueba.

5.1.1 Condiciones ambientales

5.1.2 Instrumentos de medición

5.1.3 Cuidados antes, durante y después de la aplicación de los métodos de pruebas

5.1.4 Configuraciones para la aplicación de los métodos de prueba

5.1.4.1 Configuración para emisiones conducidas

5.1.4.2 Configuraciones para emisiones radiadas

5.1.2 Instrumentos de medición

5.1.2 Instrumentos de medición. Los instrumentos de medición que se utilicen para la aplicación de los métodos de prueba serán los listados en el cuadro 5 y deberán tener las características que allí se señalan. Todos los instrumentos deben contar con dictamen o certificado de calibración que cumpla con las disposiciones legales aplicables. La calibración de tales instrumentos debe haberse realizado en las magnitudes y en los alcances de medición en los cuales serán empleados.

Para aplicar los métodos de prueba al o a los EBP's, los laboratorios de pruebas acreditados y aprobados o reconocidos utilizarán las instalaciones adecuadas e instrumentos de medición cuyas mediciones trazables a patrones nacionales mexicanos aprobados por la Secretaría de Economía; y en caso de no haberlos, el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado o reconocido solicitará por escrito la aprobación de la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Normas para obtener la trazabilidad metrológica de sus mediciones a patrones nacionales de otros países, de acuerdo al artículo 73 de la LFMN. Adicionalmente el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado queda sujeto a las disposiciones legales aplicables. En lo que no se contraponga a lo anterior, deberán cumplir también con lo previsto en la cláusula 5.6.2.2 "Ensayo", de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 "Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", o su sustituto más actualizado.

5.1.2

Instrumentos de medición



Características requeridas de los instrumentos de medición y prueba que se utilicen para la aplicación de los métodos de prueba.

Instrumento	Parámetros de medición	Valores requeridos
Analizador de espectro	Intervalo de frecuencia de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 9 kHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 9 kHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 9 kHz a 40 GHz.
	Exactitud de frecuencia:	0.5 μHz/Hz
	Sensibilidad:	>120 dBm
	Impedancia de entrada:	50 ohms
	Exactitud en amplitud:	Mejor o igual a ±1 dB
	Resolución:	0.1 dB
	Detector:	Pico, cuasi-pico, muestra
Detector cuasi-pico	Intervalo de frecuencias de operación:	30 MHz a 1000 MHz
	Anchura de banda de medición:	120 kHz
Divisor de potencia	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 902-928 MHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 2400-2483.5 MHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 5725 – 5850 MHz.
Atenuadores	Intervalo de frecuencias de operación	Para BF 902-928 MHz : > 902-928 MHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 2400-2483.5 MHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 5725 – 5850 MHz.
	Atenuación:	La requerida para la protección de los equipos de medición y para la confiabilidad de las mediciones
Generador de señales	Intervalo de frecuencias de operación	Para BF 902-928 MHz : Hasta 1 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : Hasta 3 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : Hasta 6 GHz.
Antenas patrón o antenas de referencia calibradas	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 30 MHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 30 MHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 30 MHz a 40 GHz.
Acoplador de impedancias	Impedancias a acoplar	De acuerdo al desacoplamiento específico de impedancias entre el EBP y los equipos de medición
	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : ≥ 30 MHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : ≥ 30 MHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 30 MHz a 40 GHz.
	Pérdidas por inserción	< 6 dB
Pre-amplificador	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 9 kHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 9 kHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 9 kHz a 40 GHz.
	Ganancia:	20 dB

En el listado falta incluir cables de bajas pérdidas por inserción/retorno

1. Calibrado en amplitud con detector Pico
2. Calibrado en frecuencia
3. Calibrado en tiempo

1. Calibrado en amplitud con detector QP De cuerdo con CISPR 16 (NMX-I-175-1)

1. Calibrados en pérdidas por inserción
2. Calibrado en pérdidas por retorno

1. Calibrado en amplitud
2. Calibrado en frecuencia

1. Calibrado en Factor de antena/Ganancia
2. Calibrado en VSWR
3. Conocer el “Half Power Beamwidth ”

1. Calibrados en pérdidas por inserción/ganancia
2. Calibrado en pérdidas por retorno

5.1.3 Cuidados antes, durante y después de la aplicación de los métodos de pruebas



- (a) Las pruebas se llevarán a cabo de acuerdo con buenas prácticas de ingeniería.
- (b) Los resultados de las pruebas se presentarán tanto en forma tabulada como en forma gráfica mostrando los límites de la especificación, esto último donde sea posible.”
- (c) El equipo asociado que se use normalmente con el EBP o con los EBP's también se conectará.
- (d) El EBP o los EBP's y los equipos de medición que serán utilizados en la aplicación de los métodos de prueba deben cumplir con el tiempo de estabilización térmica, previo a las pruebas, especificado por el o los fabricantes en los correspondientes manuales de operación. En el caso de que dicho tiempo no sea especificado, los equipos de medición y el EBP o los EBP's deben tener un tiempo de estabilización térmica de al menos 30 minutos, previos a la realización de las pruebas.
- (e) Si la potencia de salida de RF del EBP o EBP's es ajustable internamente o controlable remotamente, éstos se pondrán a transmitir a su potencia máxima promedio.
- (f) El transmisor será modulado con señales representativas de una operación real del sistema.

Falta incluir los criterios de operación del EBP:

- Modulación digital: 802.11 a/b/g/n/ac, se recomienda utilizar los canales bajo medio y alto a su máxima velocidad de datos (ancho de canal)
- Salto de frecuencia: BT, RFID, , se recomienda utilizar los canales bajo medio y alto a su máxima velocidad de datos (ancho de canal)

5.1.4 Configuraciones para la aplicación de los métodos de prueba

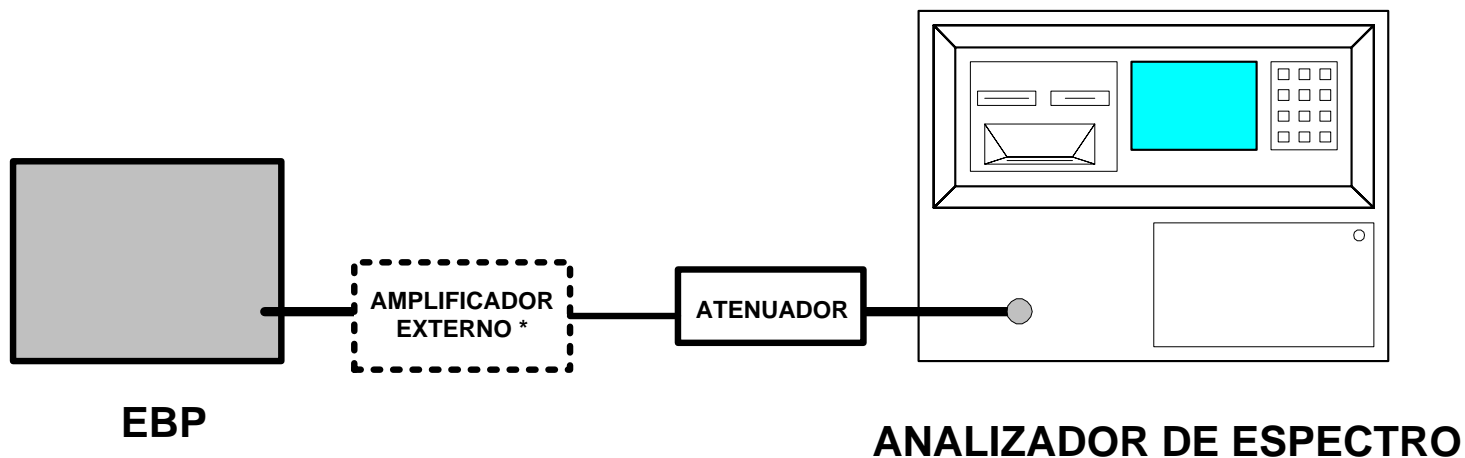


Sistema de medición	Condición para su aplicación	Instalaciones
Configuración para emisiones conducidas (FIGURA 1)	La antena del EBP es desmontable	No requiere instalaciones particularmente especiales
Configuración para emisiones radiadas (FIGURA 2)	La antena del EBP no es desmontable	Sitio abierto de pruebas, cámara anecoica ó cámara semianecoica modificada.
Configuración para prueba de existencia de inteligencia para reconocer canales de posición de frecuencia ocupados (FIGURA 3)	Relativa a la especificación 4.2.4 aplicable a equipos del tipo salto de frecuencia	

Comentario: en la NOM-121 no se menciona la cámara semianecoica modificada. Sin embargo, es un sitio de pruebas reconocido por COFETEL.

5.1.4.1

Configuración de emisiones conducidas

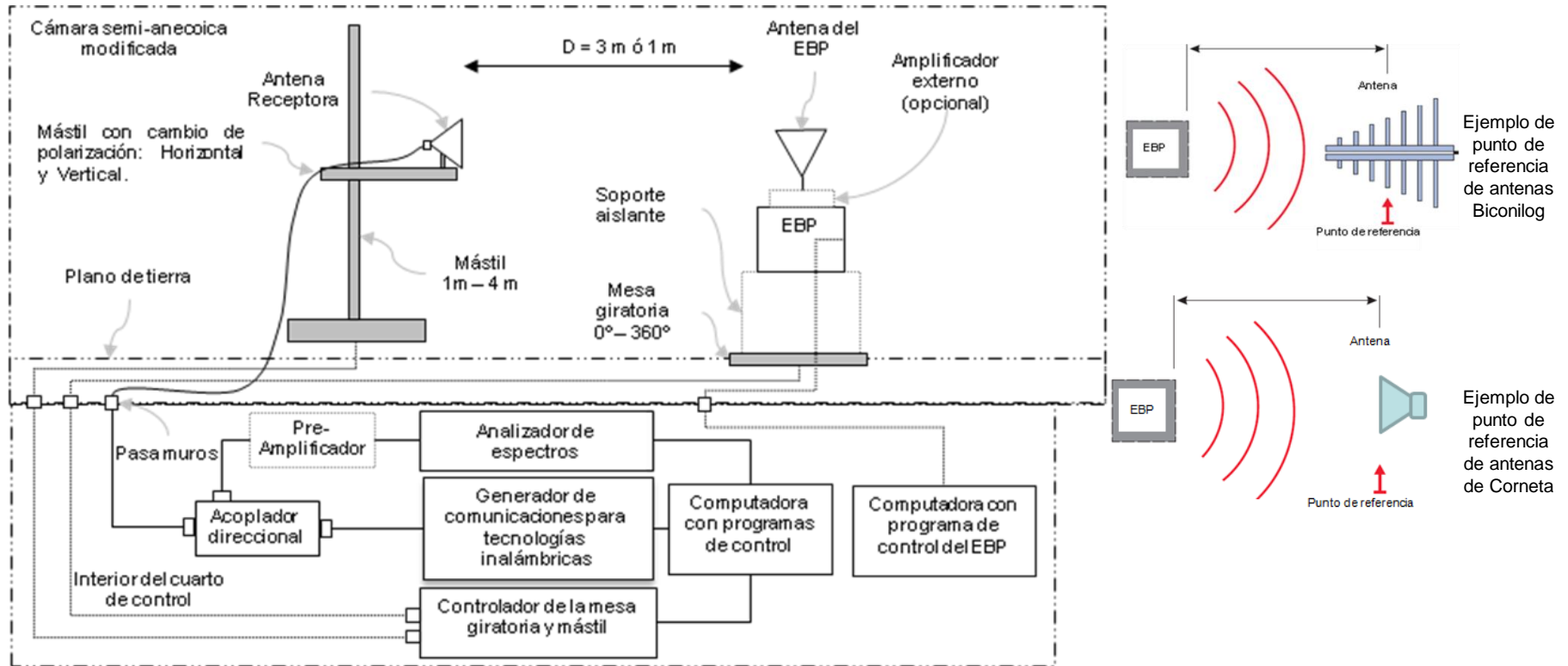


* Amplificador de potencia de radiofrecuencia externo que se debe insertar sólo para los casos especificados en 4.1.3

Figura 1 Configuración para medición de emisiones conducidas

5.1.4.2

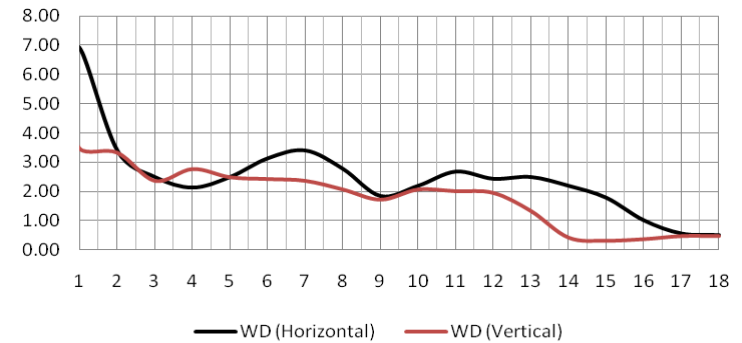
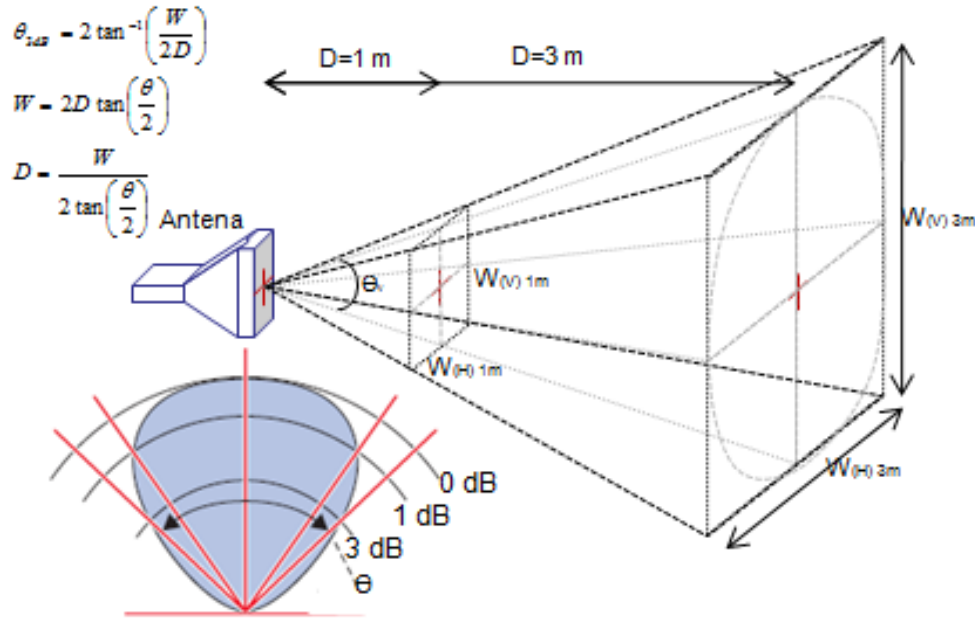
Configuración para medición de emisiones radiadas



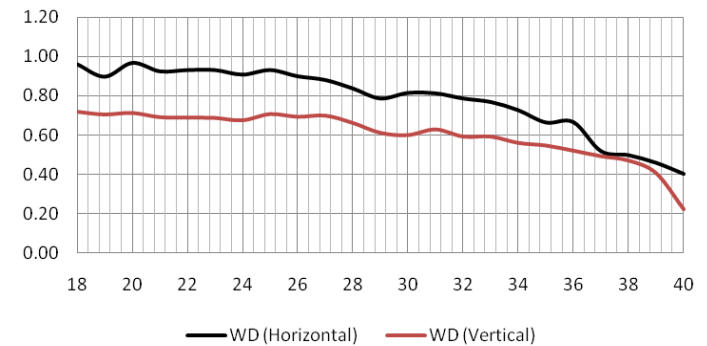
La altura, polarización y orientación de las antenas que intervienen en la aplicación de los métodos de prueba de emisiones radiadas debe ser tal que se asegure la transferencia óptima de energía al sistema medidor para que las mediciones sean confiables.

5.1.4.2

Configuración para medición de emisiones radiadas



**Ventana del patrón de radiación a 3 dB – D = 3 m
ANCELAB-1489-I**



**Ventana del patrón de radiación a 3 dB – D = 1 m
ANCELAB-1523-I**

La altura, polarización y orientación de las antenas que intervienen en la aplicación de los métodos de prueba de emisiones radiadas debe ser tal que se asegure la transferencia óptima de energía al sistema medidor para que las mediciones sean confiables.

5.2 Comprobación de las especificaciones generales para todos los equipos de sistemas de radiocomunicación por espectro disperso

5.2.1. Banda o a las bandas de frecuencias de operación

5.2.2.1. Habilidad de operar en más de una de las bandas de frecuencia de operación

5.2.2.2. Verificación que se deshabilita el transmisor en la transición entre bandas

5.2.3. Amplificadores de potencia externos

5.2.4. PIRE máximo

5.2.5. No uso de controles externos

5.2.1 Método de prueba para comprobar el cumplimiento de la especificación 4.1.1, relativa a la banda o a las bandas de frecuencias de operación del equipo



- a) Armar la configuración de prueba ...
- b) Establecer el analizador de espectro en modo de vídeo promedio con un mínimo de 50 barridas por segundo y en retención máxima de imagen (max hold).
- c) Para todas y cada una de las bandas de frecuencias en que nominalmente pueda funcionar el EBP.
 - i. Activar el transmisor del EBP, **alimentando con su señal modulada** la entrada del analizador de espectro.
 - ii. Ajustar los controles del analizador de espectro **para que la señal completa emitida por el EBP aparezca graficada en la pantalla (con el borde de la banda centrada en la pantalla y el span a 0.5 del ancho de banda a 20 dB)**.
 - iii. Para la gráfica desplegada, utilizando marcadores registrar los extremos bajo y alto de frecuencia, correspondientes a la densidad espectral de potencia por debajo del nivel equivalente a -80 dBm/Hz (-30 dBm, si es medido en una anchura de banda de 100 kHz). Dichos registros de los extremos bajo y alto, corresponden, respectivamente, a los extremos bajo y alto de la banda de frecuencias de operación del EBP.
- d) Para cada una de las bandas de frecuencias en que nominalmente opere el EBP, si los extremos bajo y alto de la banda de frecuencias referido en c)-iii) se hallan dentro de alguna de las bandas de frecuencias especificadas en 4.1.1, el EBP cumple la especificación para esa banda de frecuencias.

5.2.2.1 Método de prueba para comprobar el cumplimiento del primer párrafo de la especificación 4.1.2, relativo a que el equipo que es capaz de operar en más de una bandas de frecuencias, cumpla para cada una de ellas con las especificaciones que les corresponda

- a)** Para cada una de las bandas de frecuencias en que puede funcionar el EBP, aplicar todas las pruebas para las especificaciones que les corresponda, generales, por su tipo y de aplicación.
- b)** Si el EBP, así probado, cumple con todas las especificaciones que le corresponda: generales, por su tipo y de aplicación, el equipo cumple con el primer párrafo de la especificación 4.1.2.

5.2.2.2. Método de prueba para comprobar que el transmisor del EBP se desactiva en la transición entre las bandas de su operación

- a) Armar la configuración de prueba ...
- b) Para cada una de las bandas de frecuencias en que puede funcionar el EBP:
 - i. Activar el transmisor del EBP, alimentando con su señal modulada la entrada del analizador de espectro.
 - ii. Establecer la frecuencia central del analizador de espectro a la misma frecuencia central de la señal emitida por el transmisor del EBP.
 - iii. Establecer en el analizador de espectro el intervalo de frecuencias (span) que comprenda **al espectro de la emisión total del EBP.**
 - iv. Establecer en el analizador de espectro el tiempo de barrido (sweep time) = auto.
 - v. Cambiar la banda de frecuencias de operación del transmisor del EBP a las otras en que es capaz de operar.
 - vi. Observar si durante la transición de la banda de frecuencias de operación del transmisor del EBP en estudio a las otras bandas de frecuencia de operación, en la pantalla del analizador de espectro deja de observarse la señal graficada, como un indicativo de que se desactiva el transmisor del EBP desde el momento de iniciar la transición entre bandas y hasta que queda completada dicha transición.
- c) Si para todas y cada una de las bandas de frecuencias en que es capaz de operar el equipo se comprueba que para todas las transiciones se desactiva el transmisor del EBP, se cumple, entonces, el segundo y último párrafo de la especificación 4.1.2.

Hay algunos equipos de modulación digital que son capaces de operar en dos bandas de frecuencia al mismo tiempo (con diferentes antenas)

5.2.3. Equipos que que tengan la posibilidad de usarse con amplificadores de potencia de radiofrecuencia externos

a) Para todos y cada uno de las marcas y modelos de amplificadores de potencia de radiofrecuencia externos listados en el Manual de usuario para usarse con el equipo, se aplicarán todas las pruebas para las especificaciones que les corresponda: generales, por su tipo y de aplicación.

b) Si el EBP, así probado para cada uno de todos los amplificadores de potencia de radiofrecuencia externos de la lista del Manual de usuario, cumple con todas las especificaciones que le corresponda: generales, por su tipo y de aplicación, el equipo cumple con la especificación 4.1.3.

5.2.4. PIRE máximo por el par: equipo de radiocomunicación de espectro disperso-antena de ganancia máxima con cada tipo de antena



- a) Para todos y cada uno de los tipos de antena listados en el Manual de usuario:
 - i. Elegir la antena de más alta ganancia, para con ella armar la configuración para medición de emisiones radiadas conforme a lo indicado en 5.1.4.2, y en la figura 2. Si el EBP corresponde a un caso previsto en 4.1.3, esta prueba se realizará conforme lo señala 5.2.3 debiéndose, entonces, insertar para cada caso el amplificador de potencia de radiofrecuencia externo indicado en la figura 2).
 - ii. Poner el EBP a transmitir a su máximo nivel.
 - iii. De no poderse observar y medir adecuadamente en el analizador de espectro la señal del EBP, para poder hacerlo podrá usarse un pre-amplificador que opere correctamente en las frecuencias para las cuales se vaya a medir el PIRE, colocándolo entre la antena receptora calibrada y el analizador de espectro, conforme se indica en 5.1.4.2 y en la figura 2,
 - iv. Establecer las siguientes condiciones en el analizador de espectro:
 - Intervalo de frecuencias (span) = Suficiente para contener la señal del EBP.
 - Anchura de banda del filtro de resolución (RBW) = que la anchura de banda a 6 dB de la emisión del EBP.
 - Anchura de banda de video (VBW) = auto
 - Tiempo de barrido (sweep time) = auto
 - Detector (detector function) = pico
 - Traza (trace) = retención máxima de imagen (max hold).
 - v. Permitir que la traza se estabilice.
 - vi. Con el marcador registrar el pico de la emisión del EBP.
 - vii. Aplicar la ecuación 6 para obtener la PIRE

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos


Métodos de aseguramiento de calidad de las mediciones:

1. Análisis de Reproducibilidad y Repetibilidad
2. Evaluación del Sesgo
3. Aseguramiento de la calidad por h y k de MANDEL
4. Aseguramiento de la calidad por Grubbs
5. Análisis estadístico de Z score
6. Determinación de la incertidumbre

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Emisiones conducidas en terminales de AC para $f > 150$ kHz



LABORATORIOS DE PRUEBAS DE ANCE, A.C.

Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba: **Emisiones conducidas en terminales de alimentación de AC en el intervalo de 150 kHz a 30 MHz (L1)**

Fecha: **2012/03/22**

Normas que aplican al presente ensayo:
ANSI C63.10 - NMX-I-002-NYCE / IEC CISPR 11- NMX-I-171-NYCE / IEC CISPR 14-1 - NMX-J-599-1-ANCE / IEC CISPR 15 - NMX-I-240-NYCE / IEC CISPR 22

Muestra utilizada para el ensayo:
Generador de prueba - Emisiones conducidas (Ec) en 0.5MHz

Unidad (V, A, W etc...): **dBuV**

Evaluación del sesgo D

Fórmula aplicada

$$D = x - X$$

En donde:

D - Evaluación del sesgo

x - Resultado o promedio de resultados

X - Valor asignado o promedio robusto

X = Valor asignado o promedio robusto	
67.36027	dBuV

Criterio de aceptación

$3\sigma < D < -3\sigma$

$2\sigma < D < -2\sigma$

$2\sigma \Rightarrow D \geq -2\sigma$

No satisfactorio (señal de acción - NS)

Cuestionable (señal de alarma - C)

Satisfactorio (S)

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					n_i	Cálculos		
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5		x_i	s_{Li}	
1	RJL	67.458	67.395	67.347	67.271	67.216	5	67.3374	0.086
2	GRR	67.468	67.453	67.242	67.297	67.315	5	67.355	0.100
3	FJSM	67.49	67.392	67.378	67.292	67.213	5	67.353	0.105
4	HOB	67.489	67.392	67.3	67.391	67.413	5	67.397	0.067
5	CSD	67.461	67.376	67.376	67.257	67.207	5	67.3354	0.102
6	RGF	67.157	67.437	67.442	67.435	67.448	5	67.3838	0.127

s_r	5
0.101188	

Fórmulas aplicadas

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p s_{Li}^2}$$

$$s_{L,i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_i)^2}$$

s_r = desviación estándar de la repetibilidad
 $s_{L,i}$ = desv. estándar de repetibilidad del participante
 n = número de resultados de prueba (t = 5)
 x_k = resultado particular de la prueba
 \bar{x}_i = media aritmética de los n resultados de prueba
 p = número de participantes (6)

$$s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}$$



Una simple señal de acción en una ronda de prueba (un ejercicio) o dos señales de alarma en rondas sucesivas (este ejercicio y además el anterior), se toman como evidencia de una anomalía que requiere investigación.

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Emisiones conducidas en terminales de antenas de RF



LABORATORIOS DE PRUEBAS DE ANCE, A.C.

Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba:

Emisiones conducidas en terminales de antenas de RF en el intervalo de 30 MHz a 1 GHz

Fecha: 2

Normas que aplican al presente ensayo:

NOM-121-SCT1-2009 / ANSI C63.10 - FCC CFR 47 P.247

Muestra utilizada para el ensayo:

Generador de prueba - Emisiones conducidas (Ec) en 60MHz

Unidad (V, A, W etc...): dBW

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					Cálculos		
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	n_i	x_i	S_{Li}
1 RJL	-77.963	-78.069	-77.915	-77.887	-77.905	5	-77.9478	0.073
2 GRR	-78.575	-78.624	-78.647	-78.616	-78.717	5	-78.6358	0.052
3 FJSM	-78.24	-78.388	-78.273	-78.267	-78.331	5	-78.2968	0.059
4 HOB	-78.483	-78.269	-78.261	-78.27	-78.307	5	-78.318	0.094
5 CSD	-79.439	-79.439	-79.458	-79.49	-78.266	5	-79.2184	0.533

S_r 5
0.246725

Fórmulas aplicadas

$$S_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^p s_{L,i}^2}$$

Análisis de Reproducibilidad

Fórmulas aplicadas

$$x_m = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \bar{x}_i$$

x_m es la media aritmética de la media aritmética de los resultados de los participantes

$$S_R = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{x}_i - x_m)^2 + \frac{n-1}{n} S_r^2}$$

S_R 5
0.525875

Criterio de aceptación del análisis R&R

*Se espera que el valor de s_R sea mayor que el valor de s_r , para que el análisis se considere válido.

Los valores obtenidos de desviación estándar para ambos casos, se espera sean mínimos ya que indicarían baja variabilidad en los resultados individuales reportados por los participantes, y se esperaba que cada vez que se realice un nuevo ensayo de repetibilidad o reproducibilidad estos valores sean menores cada vez más, lo que indicará una mejora en los resultados.

El elemento de ensayo evaluado bajo estas condiciones puede catalogarse posteriormente como MRI para utilizarse en algún otro ensayo de aseguramiento de la calidad*.

Referencia: PROLAB-22

S_r 5
0.246725

S_R 5
0.525875

Análisis válido

Tolerancia aceptada: -78.4840 ± 0.981 (-1.250%)

Aseguramiento de la calidad por h y k de MANDEL

Participante	CORRECTA	STRAGGLER	OUTLIER	h_i	k_i
1 RJL	*			1.123	0.297
2 GRR	*			-0.318	0.212
3 FJSM	*			0.388	0.241
4 HOB	*			0.348	0.381
5 CSD		*		-1.539	2.100

$$h_i = \frac{\bar{x}_i - x_m}{\sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{x}_i - x_m)^2}} \quad k_i = \frac{S_{L,i}}{S_r}$$

- Estas técnicas muestran el comportamiento de los resultados de los participantes de acuerdo a sus propias mediciones.

- Por ejemplo para los coeficientes h se indica que los participantes son muy similares en sus mediciones (valor promedio)

- Para el coeficiente k indica que los participantes con sus mediciones están dentro de los límites, es decir hubo una repetibilidad aceptable.

Indicadores de MANDEL

h al 5%	1.57
k al 5%	1.46
h al 1%	1.72
k al 1%	1.65



5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Emisiones radiadas para $f \leq 1$ GHz



LABORATORIOS DE PRUEBAS DE ANCE, A.C.

Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba: Prueba de emisiones radiadas de 30 MHz a 1 GHz - Polarización Horizontal

Fecha: 2011/11/16

Normas que aplican al presente ensayo:

NOM-121-SCT1-2009 / ANSI C63.10 - NMX-I-002-NYCE / IEC CISPR 11-
 NMX-I-171-NYCE / IEC CISPR 14-1 - NMX-J-599-1-ANCE / IEC CISPR
 15 - NMX-I-240-NYCE / IEC CISPR 22

Muestra utilizada para el ensayo:

Generador de prueba - Emisiones radiadas
 (Ec) en 60MHz

Unidad (V, A, W etc...): dBuV

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					n_i	Cálculos	
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5		x_i	S_{Li}
1 R/L	16.972	17.884	16.78	16.217	18.493	5	17.2892	0.910
2 G/R	16.399	15.802	16.991	17.705	17.503	5	16.88	0.787
3 F/JSM	16.399	18.874	17.981	18.604	17.604	5	17.8824	0.974
4 H/OB	16.289	16.691	17.781	18.595	18.462	5	17.5838	1.037
5 C/D	15.982	15.985	14.79	15.307	16.328	5	15.6784	0.620

S_r 5

0.877943

Fórmulas aplicadas

$$S_r = \sqrt{\frac{1}{P} \sum S_{Li}^2}$$

Análisis de Reproducibilidad

Fórmulas aplicadas

$$x_m = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \bar{x}_i$$

x_m es la media aritmética de la media aritmética de los resultados de los participantes

$$S_R = \sqrt{\frac{1}{P-1} \sum_{i=1}^P (\bar{x}_i - x_m)^2 + \frac{n-1}{n} S_r^2}$$

S_R 5

1.161674

Criterio de aceptación del análisis R&R

*Se espera que el valor de s_R sea mayor que el valor de s_r , para que el análisis se considere válido.

Los valores obtenidos de desviación estándar para ambos casos, se espera sean mínimos ya que indicarían baja variabilidad en los resultados individuales reportados por los participantes, y se esperaría que cada vez que se realice un nuevo ensayo de repetibilidad o reproducibilidad estos valores sean menores cada vez más, lo que indicará una mejora en los resultados.

El elemento de ensayo evaluado bajo estas condiciones puede catalogarse posteriormente como MRI para utilizarse en algún otro ensayo de aseguramiento de la calidad*.

Referencia: PROLAB-22

S_r 5
0.877943

S_R 5
1.161674

Análisis válido

Tolerancia aceptada : 17.0567 ± 2.239 (13.126%)



MR

5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Emisiones radiadas para $f > 1$ GHz



LABORATORIOS DE PRUEBAS DE ANCE, A.C.

Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba:

Prueba de emisiones radiadas de 1 GHz a 18 GHz - Polarización Horizontal

Fecha: 20

Normas que aplican al presente ensayo:

NOM-121-SCT1-2009 / ANSI C63.10 / FCC CFR 47 - P15.247

Muestra utilizada para el ensayo:

Generador de prueba - Emisiones radiadas (Ec) en 1.8GHz

Unidad (V, A, W etc...): dBW

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					Cálculos		
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	n_i	x_i	$s_{L,i}$
1 RJL	-49.004	-49.03	-49.006	-49.167	-49.24	5	-49.0894	0.108
2 GRR	-49.236	-49.106	-49.057	-49.1	-49.211	5	-49.142	0.077
3 FJSM	-49.123	-49.111	-49.18	-49.134	-49.266	5	-49.1628	0.063
4 HOB	-49.04	-49.055	-49.193	-49.157	-49.181	5	-49.1252	0.072
5 CSD	-49.207	-49.281	-49.29	-48.76	-48.989	5	-49.1054	0.228

s_r 5
0.125578

Fórmulas aplicadas

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p s_{L,i}^2}$$

$$s_{L,i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x}_i)^2}$$

Evaluación del sesgo D

Fórmula aplicada

$$D = x - X$$

En donde:

D - Evaluación del sesgo

x - Resultado o promedio de resultados

X - Valor asignado o promedio robusto

X = Valor asignado o promedio robusto

-49.12496 dBW

Criterio de aceptación

$3\sigma < D < -3\sigma$

$2\sigma < D < -2\sigma$

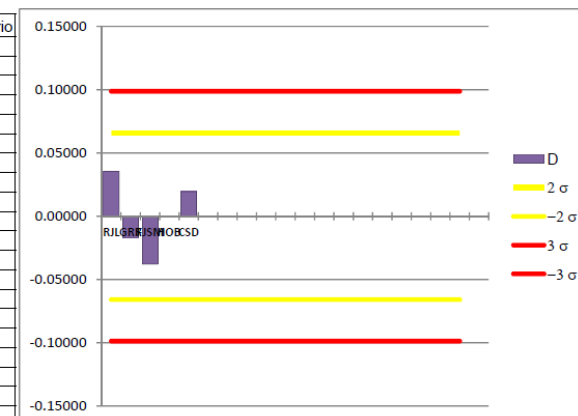
$2\sigma \Rightarrow D \geq -2\sigma$

No satisfactorio (señal de acción - NS)

Cuestionable (señal de alarma - C)

Satisfactorio (S)

Participante	x_i	D	Criterio
1 RJL	-49.08940	0.03556	S
2 GRR	-49.14200	-0.01704	S
3 FJSM	-49.16280	-0.03784	S
4 HOB	-49.12520	-0.00024	S
5 CSD	-49.10540	0.01956	S



5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición: 1. Inmunidad radiada



LABORATORIOS DE PRUEBAS DE ANCE, A.C.
 Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba: Prueba de "Inmunidad radiada a campos de RF en el intervalo de 80 MHz a 1 GHz" - (5 V/m = 133.97 c) Fecha:

Normas que aplican al presente ensayo:

IEC 61000-4-3, Ed. 3.0 / NMX-J-550/4-3-ANCE-2008 / IEC CISPR 14-2, Ed. 1.1 / NMX-J-550-14-2-ANCE-2008 / IEC 61547, Ed. 1.1 / NMX-J-599-2-ANCE-2009 / IEC 61000-6-2, Ed. 2.0 / NMX-J-610/6-2-ANCE-2008 / IEC 60335-1, Ed. 4.2 / IEC 60601-1-2, Ed. 2.0 / IEC CISPR 24, Ed. 4.0

Muestra utilizada para el ensayo:

Sistema de prueba - Inmunidad radiada 80MHz
 Unidad (V, A, W etc...): dBuV

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					n _i	Cálculos		
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5		X _i	S _{Li}	
1	RJL	134.68	134.664	134.744	134.648	134.712	5	134.6895	0.039
2	GRR	134.648	134.696	134.648	134.648	134.712	5	134.6703	0.031
3	FJSM	134.68	134.648	134.664	134.664	134.696	5	134.6703	0.018
4	HOB	134.664	134.744	134.648	134.664	134.696	5	134.6831	0.038
5	CSD	134.664	134.886	134.664	134.744	134.776	5	134.7466	0.092

$$s_r = 5$$

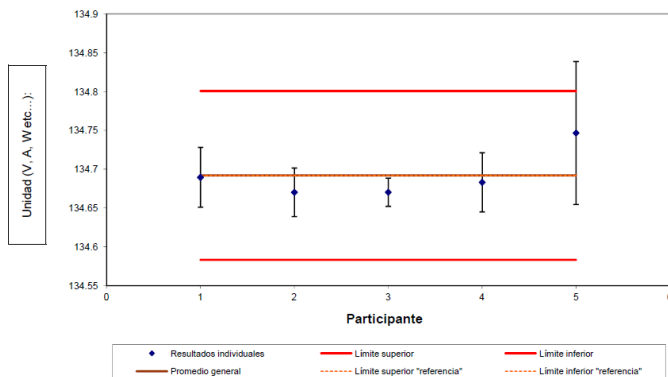
$$0.050457$$

Fórmulas aplicadas

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p s_{L,i}^2}$$

Gráfico de resultados individuales y tolerancias aceptadas

Método de prueba:



Método de prueba:

Análisis estadístico de Z score
 Prueba de "Inmunidad radiada a campos de RF en el intervalo de 80 MHz a 1 GHz" - (5 V/m = 133.97 dBuV/m) - En 80MHz

Fecha: 2011/11/16

Tabla 1. Resultados obtenidos por todos los participantes.

Participante Id.	X _i	Z score robusto
RJL	134.68953	-0.17
GRR	134.67032	-1.52
FJSM	134.67035	-1.52
HOB	134.68312	-0.62
CSD	134.74664	3.84

No resultados = 5
 Máximo = 134.7466
 Mínimo = 134.6703
 Rango = 0.076323
 Mediana = 134.6831
 Moda = #N/A
 Media = 134.69
 Primer cuartil = 134.67
 Tercer cuartil = 134.69
 IQR = 0.02
 IQR normalizado = 0.014216
 Coef de var robusto = 0.010556

Z en valores absolutos
 Z <= 2 Satisfactorio
 2 < Z < 3 En duda
 Z >= 3 No satisfactorio

Nota: Para que los cálculos se efectúen adecuadamente, principalmente para el primer y tercer cuartil, verifique en la ecuación que la matriz contenga solamente los valores reportados,



5.4. Métodos de ensayo y validación de métodos

Métodos de medición:

1. Inmunidad conducida en terminales de AC – Impulsos



Análisis estadístico de Repetibilidad y Reproducibilidad

Método de prueba:

"Inmunidad a Transitorios por maniobra o descargas atmosféricas - Corriente pico

Fecha: 2012/03/06

Normas que aplican al presente ensayo:

IEC 61000-4-5, Ed. 1.1 / NMX-J-550/4-5-ANCE-2005 / IEC CISPR 14-2, Ed. 1.1 / NMX-J-550-14-2-ANCE-2008 / IEC 61547, Ed. 1.1 / NMX-J-599-2-ANCE-2009 / IEC 61000-6-2, Ed. 2.0 / NMX-J-610/6-2-ANCE-2008 / IEC 60335-1, Ed. 4.2 / IEC 60601-1-2, Ed. 3.0 / IEC CISPR 24, Ed. 1.0

Muestra utilizada para el ensayo:

Sistema de prueba - Inmunidad a Transitorios por maniobra o descargas atmosféricas 0,5kV

Unidad (V, A, W etc...): A

Análisis de Repetibilidad

Participante	Resultados obtenidos					Cálculos		
	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	n_i	x_i	s_{Li}
1 RJL	0.515	0.505	0.510	0.510	0.510	5	0.510042	0.004
2 GRR	0.515	0.521	0.521	0.525	0.521	5	0.520708	0.004
3 FJSM	0.515	0.511	0.511	0.516	0.529	5	0.51648	0.007
4 HOB	0.523	0.523	0.525	0.521	0.521	5	0.522718	0.002
5 CSD	0.515	0.521	0.521	0.525	0.521	5	0.520708	0.004
6 RGF	0.513	0.509	0.513	0.509	0.515	5	0.511853	0.003

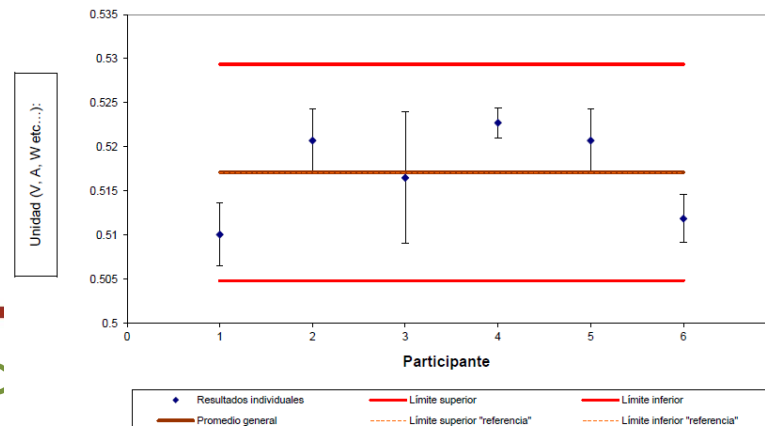
s_r 5
0.004166

Fórmulas aplicadas

$$s_r = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p s_{L,i}^2}$$

Gráfico de resultados individuales y tolerancias aceptadas

Método de prueba:



5.5. Equipos

Características requeridas de los instrumentos de medición y prueba que se utilicen para la aplicación de los métodos de prueba.

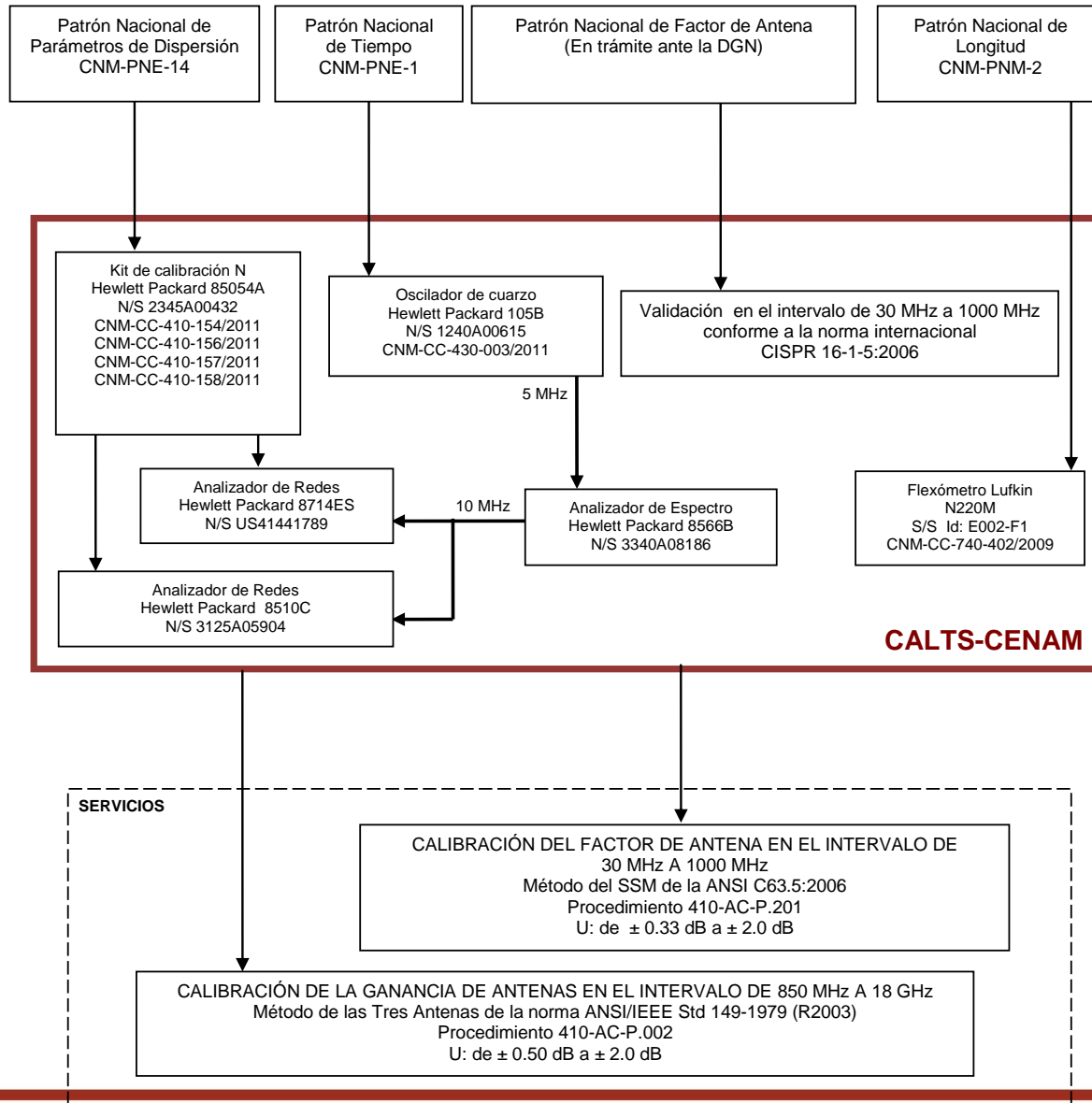
Instrumento	Parámetros de medición	Valores requeridos
Analizador de espectro	Intervalo de frecuencia de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 9 kHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 9 kHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 9 kHz a 40 GHz.
	Exactitud de frecuencia:	0.5 μHz/Hz
	Sensibilidad:	>120 dBm
	Impedancia de entrada:	50 ohms
	Exactitud en amplitud:	Mejor o igual a ±1 dB
	Resolución:	0.1 dB
	Detector:	Pico, cuasi-pico, muestra
Detector cuasi-pico	Intervalo de frecuencias de operación:	30 MHz a 1000 MHz
	Anchura de banda de medición:	120 kHz
Divisor de potencia	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 902-928 MHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 2400-2483.5 MHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 5725 – 5850 MHz.
Atenuadores	Intervalo de frecuencias de operación	Para BF 902-928 MHz : > 902-928 MHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 2400-2483.5 MHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 5725 – 5850 MHz.
	Atenuación:	La requerida para la protección de los equipos de medición y para la confiabilidad de las mediciones
Generador de señales	Intervalo de frecuencias de operación	Para BF 902-928 MHz : Hasta 1 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : Hasta 3 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : Hasta 6 GHz.
Antenas patrón o antenas de referencia calibradas	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 30 MHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 30 MHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 30 MHz a 40 GHz.
Acoplador de impedancias	Impedancias a acoplar	De acuerdo al desacoplamiento específico de impedancias entre el EBP y los equipos de medición
	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : ≥ 30 MHz a 6 GHz, Para BF:2400-2483.5 MHz : ≥ 30 MHz a 15 GHz, Para BF 5725 – 5850 MHz : ≥ 30 MHz a 40 GHz.
	Pérdidas por inserción	< 6 dB
Pre-amplificador	Intervalo de frecuencias de operación:	Para BF 902-928 MHz : > 9 kHz a 6 GHz. Para BF:2400-2483.5 MHz : > 9 kHz a 15 GHz. Para BF 5725 – 5850 MHz : > 9 kHz a 40 GHz.
	Ganancia:	20 dB

1. Requisito para el RBW mínimo por ejemplo para AB de 20 MHz y mayores

5.6. Trazabilidad de las mediciones

Para aplicar los métodos de prueba al o a los EBP's, los laboratorios de pruebas acreditados y aprobados o reconocidos utilizarán las instalaciones adecuadas e instrumentos de medición cuyas mediciones trazables a patrones nacionales mexicanos aprobados por la Secretaría de Economía; y en caso de no haberlos, el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado o reconocido solicitará por escrito la aprobación de la Secretaría de Economía a través de la Dirección General de Normas para obtener la trazabilidad metrológica de sus mediciones a patrones nacionales de otros países, de acuerdo al artículo 73 de la LFMN. Adicionalmente el laboratorio de pruebas acreditado y aprobado queda sujeto a las disposiciones legales aplicables. En lo que no se contraponga a lo anterior, deberán cumplir también con lo previsto en la cláusula 5.6.2.2 "Ensayo", de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 "Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", o su sustituto más actualizado.

5.6. Trazabilidad de las mediciones



5.6. Trazabilidad de las mediciones

La trazabilidad se asegura al utilizar los valores de los certificados de calibración:

$$[P_{EBP \text{ } \delta \text{ } EBP+AMP}]_{dBW} = [P_{medida}]_{dBW} + [\alpha_{cables}]_{dB} + [\alpha_{atenuador\epsilon}]_{dB} + [L]_{dB} - [\epsilon]_{dB}$$

$$[P_{EBP \text{ } \delta \text{ } EBP+AMP}]_{dBW} = [P_{medida}]_{dBW} + [\alpha_{cables}]_{dB} + [\alpha_{atenuador\epsilon}]_{dB} + [L]_{dB} + [\Gamma_o]_{dB} - [G_{antenaEBP}]_{dB} - [G_{antena\text{ } analizador}]_{dB} - [G_{pre-amp}]_{dB} - [\epsilon]_{dB}$$

% \rightarrow dB

$$y_{dB} = 10 * \text{Log}_{10} \left(1 + \frac{x_{\%}}{100} \right)$$

dB \rightarrow %

$$x_{\%} = 100 * \left[10^{\left(\frac{y_{dB}}{10} \right)} - 1 \right]$$

Muchas gracias por su atención.

- M en C. Rodrigo Jiménez López
- Laboratorio de EMC
- E-mail: rjimenez@ance.org.mx
- Tel: 5747 4550 – Ext. 4699

