

DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD CON LA NOM-121-SCT1-2009

Victoria Molina-López, Israel García-Ruiz
Laboratorio de Antenas y Campos Electromagnéticos
División de Mediciones electromagnéticas, Centro Nacional de Metrología, CENAM,
E-mail: vmolina@cenam.mx, igarcia@cenam.mx

Resumen: La norma oficial mexicana NOM-121-SCT1-2009 “Especificaciones y métodos de prueba para los equipos de espectro disperso y de modulación digital en las bandas de frecuencias de uso libre 902-928 MHz, 2400-2483 MHz y 5725-5850 MHz” [1], fue publicada en el DOF el 21 de junio de 2010; se trata de una norma que especifica métodos, instrumentación e instalaciones requeridas para pruebas de conformidad de equipos inalámbricos que no requieren concesión, permiso o autorización específica para su operación en las bandas de uso libre ICM (ó ISM, *Industrial Scientific and Medical*); su contenido está armonizado con normas y regulaciones técnicas de Canadá (RSS 210) y Estados Unidos (FCC 15.247, ANSI C63.10 y ANSI C63.17). En este artículo se describen aspectos relevantes de los sistemas y métodos de medición requeridos para la realización de las pruebas dentro del proceso de la evaluación de la conformidad de dicha NOM.

1. INTRODUCCIÓN

La norma oficial mexicana NOM-121-SCT1-2009 [1] ha sido emitida por la COFETEL y se trata de una regulación técnica de Compatibilidad Electromagnética (EMC, *Electromagnetic Compatibility*) aplicable a ciertos tipos de equipos de telecomunicaciones inalámbricas, estableciendo especificaciones, límites, así como una descripción simplificada de los métodos de prueba y las condiciones de cumplimiento. Su objetivo es lograr una mayor racionalidad y eficiencia en el uso de las bandas de frecuencias asignadas para las tecnologías ICM; esto beneficiará ampliamente el sector de las telecomunicaciones en México y también a la actividad comercial, pues el cumplimiento de esta NOM podrá ser una garantía de un mejor ambiente de convivencia para quienes ocupen dichas bandas de frecuencias, lo que incentivará el mercado de dichos equipos [2].

La NOM-121 [1] provee métodos de prueba normalizados para determinar la conformidad con los requerimientos regulatorios de muchos tipos de dispositivos inalámbricos de radiocomunicación que emplean las técnicas de espectro disperso, FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) o DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) o ambas y que operen en alguna, algunas, o todas las bandas ICM. Es preciso aclarar que para los propósitos de esta NOM, los conceptos de FHSS y DSSS en un sistema de radiocomunicación, se refieren a las técnicas de acceso, por lo que las pruebas especificadas se realizan sobre la señal de radiofrecuencia (RF) a la salida del Equipo Bajo

Prueba (EBP, *Equipment Under Test*) y por lo tanto no es necesario demodular dichas señales para aplicar las pruebas.

Los aparatos o dispositivos inalámbricos que para su operación no requieren concesión, permiso o autorización específica por parte de la autoridad regulatoria mexicana incluyen, pero no están limitados a, los siguientes: equipos inalámbricos de seguridad y control remoto, aparatos que emplean espectro disperso de secuencia directa o salto de frecuencia, dispositivos antirrobo, teléfonos inalámbricos domésticos, lectores de etiquetas de identificación por RF (RFID, *Radio Frequency Identification*), detectores de intrusión, dispositivos inalámbricos para apertura de puertas de cocheras, entre otros.

2. CONTENIDO DE LA NOM-121 [1]

El Capítulo 4 de la NOM-121 [1] establece las especificaciones a cumplir por el EBP; las cláusulas en este capítulo se dedican a las especificaciones a) generales, b) para equipos del tipo salto de frecuencia, c) para equipos que emplean modulación digital, d) equipos híbridos que emplean salto en frecuencia y modulación digital, y d) los niveles de emisiones no esenciales a cumplir por todos los equipos.

El Capítulo 5 de la NOM-121 [1] describe, por otra parte, los métodos de prueba para la evaluación de la conformidad y presenta de manera general los sistemas de medición que pueden emplearse. En el Cuadro 5 del mismo capítulo se proporcionan las

características metrológicas de los equipos que integran cada sistema de medición. De acuerdo con la prueba a realizar, se deben utilizar una o dos unidades representativas del modelo o de la familia de equipos que se pretende certificar y aprobar; además, las pruebas deben realizarse con los

equipos asociados al EBP y en la configuración que establece la propia NOM-121 [1]. En cuanto a los resultados de las pruebas se deben presentar en forma de tablas y gráficos en los cuales, siempre que sea posible, se deben exhibir los límites de la especificación. En las Tablas 1 a 5 se presenta el contenido general de la NOM-121 [1].

Tabla 1. Especificaciones generales para todos los equipos [1]

	Especificación	Condición a cumplir por el fabricante para aplicar la prueba	Método de prueba
1	4.1.1. Relativa a la banda o bandas de frecuencias de operación del equipo.	Activar el transmisor del EBP, alimentando con su señal modulada la entrada del analizador de espectro.	5.2.1
2	4.1.2. Primer párrafo. Relativo a que el equipo que es capaz de operar en más de una banda de frecuencias, cumpla para cada una de ellas con las especificaciones que le correspondan.	Cumplir 4.1.1	5.2.2.1
3	4.1.2. Segundo párrafo. Para comprobar que el transmisor del EBP se desactiva en la transición entre las bandas de su operación.	Activar el transmisor del EBP, alimentando con su señal modulada la entrada del analizador de espectro.	5.2.2.2
4	4.1.3. Relativa a que el equipo tiene posibilidad de usarse con amplificadores de potencia de RF externos.	Proveer todos y cada uno de los amplificadores de RF externos listados en el Manual de usuario para usarse con el EBP.	5.2.3
5	4.1.4. Relativa al cumplimiento de la PIRE máxima con cada tipo de antena.	Proveer los diferentes tipos de antenas listados en el Manual de usuario el EBP y usar la de máxima ganancia. Si el EBP corresponde a un caso previsto en 4.1.3 esta prueba se realizará conforme a 5.2.3.	5.2.4
6	4.1.5. Relativa al no uso de controles externos para manipular parámetros del transmisor e información relativa a los ajustes internos.	Se comprueba visualmente.	5.2.5

Tabla 2. Especificaciones para equipos que emplean salto de frecuencia [1]

	Especificación	Condición a cumplir por el fabricante para aplicar la prueba	Método de prueba
1	4.2.1. Relativa a la anchura de banda del canal de salto a 20 dB (AB_{20dB}).	Poner a transmitir el EBP a su máxima velocidad de datos.	5.3.1.1
2	4.2.1. Relativa al número de canales de salto (N).	Se habilita la función de salto de frecuencias.	5.3.1.2
3	4.2.1. Relativa al tiempo promedio (t) de ocupación de canal de salteo.	El EBP debe tener habilitada la función de salto. Al realizar cada corrida de medición con diferentes condiciones de operación (velocidad de datos, formato de modulación, etc.), al menos 2, dependiendo de las posibilidades del EBP. Cada corrida deber tener una duración de T y deben estar todos y cada uno de los canales de salto del EBP.	5.3.1.3
4	4.2.1. Relativa al periodo (T) de ocupación del conjunto de saltos.	Se requiere: a) El valor de N obtenido al aplicar el proceso indicado en 5.3.1.2. b) El valor de t obtenido al aplicar el proceso indicado en 5.3.1.3.	5.3.1.4
5	4.2.1. Relativa a la potencia pico máxima de salida.	Colocar al EBP a su máxima potencia de salida.	5.3.1.5

6	4.2.2. Relativa a la pseudo-aleatoriedad del salteo y coincidencia de las anchuras de banda de transmisión y recepción.	Se requieren 2 unidades del EBP, de la misma marca y modelo. La función de salto de frecuencias del EBP debe estar habilitada.	5.3.2
7	4.2.3. Relativa a la separación entre frecuencias portadoras de canales de salto adyacentes.	Habilitada la función de salto de frecuencias del EBP.	5.3.3
8	4.2.4. Relativa a la existencia de inteligencia incorporada para reconocer canales de posición de frecuencia ocupados.	Se requieren dos EBP's Establecer una transmisión continua entre los dos EPB's	5.3.4
9	4.2.5. Para los sistemas del tipo salto de frecuencias que operen en la banda 2 400 MHz a 2483.5 MHz y que usen al menos 15 canales de salto, podrán evitarse o suprimirse transmisiones en alguna frecuencia particular de salteo, siempre y cuando se mantengan en uso al menos 15 canales de salto.	Configurar el EBP de manera que sólo utilice 15 saltos de frecuencia. Se utiliza método 5.3.4 hasta el inciso (h).	5.3.5

Tabla 3. Especificaciones para equipos que emplean modulación digital [1]

	Especificación	Condición a cumplir por el fabricante para aplicar la prueba	Método de prueba	Condición de cumplimiento
1	4.3.1. Relativa a la densidad espectral de potencia del transmisor conducida a la antena en un intervalo de tiempo.	El transmisor del EBP debe operar a su máximo nivel de potencia.	5.4.1 Método 1. Medición de densidad espectral de potencia pico.	La densidad espectral de potencia del transmisor conducida a la antena, no deberá ser mayor que 8 dBm en cualquier banda de 3 kHz, durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua o sobre 1 s si la transmisión excede a la duración de 1 s.
2			5.4.1 Método 2. Medición de densidad espectral de potencia promedio.	
3	4.3.2 Relativa a que la potencia pico máxima de salida del transmisor no excederá 1.0 W.	No se indica una condición particular. El EBP opera a su máximo nivel de potencia sobre todo el periodo de operación del transmisor y el promedio omite contabilizar los intervalos durante los cuales el transmisor está apagado o transmitiendo a un nivel reducido de potencia. La operación del hardware del EBP se puede modificar a fin de cumplir esta especificación. El transmisor del EBP deberá operar a su potencia máxima durante todo el barrido en cada barrido.	5.4.2 Alternativa 1, Método de Prueba 1. Método de detección de pico.	La potencia pico máxima de salida del transmisor no excederá 1 W.
4			5.4.2 Alternativa 2, Método de Prueba 2. Traza promedio espectral.	
5			5.4.2 Alternativa 2, Método de Prueba. Modo <i>span</i> igual a cero y traza promedio espectral.	
6			5.4.2 Alternativa 2, Método de Prueba 4. Promedio de video.	

7	4.3.3. Relativa al ancho de banda de RF a 6 dB de la señal del transmisor.	El EBP debe operar a su máxima velocidad de datos.	5.4.3	La anchura de banda mínimo de RF a 6 dB será de 500 kHz.
---	--	--	-------	--

Tabla 4. Especificaciones para equipos híbridos [1]

	Especificación	Condición a cumplir por el fabricante para aplicar la prueba	Método de prueba	Condición de cumplimiento
1	4.4.1. Relativa al cumplimiento de la parte de salto de frecuencia.	Se comprueba que el EBP sea híbrido.	En 5.5.1 se indica seguir el método de prueba de 5.3.1.2	El número de canales de salto así medido debe cumplir con el Cuadro 2.
2	4.4.2. Relativa al cumplimiento por la parte de modulación digital que se refieren a la potencia de salida del transmisor.	Debe cumplir con la definición 2.22 relativa a los diferentes mecanismos de radiocomunicación por espectro disperso. Cuando se prueba el cumplimiento de la parte de salto de frecuencia se apaga la parte de modulación digital y viceversa. Cuando la antena no es desmontable el fabricante debe proporcionar la ganancia de dicha antena.	5.4.1 Método 1. Medición de densidad espectral de potencia pico 5.4.1 Método 2. Medición de densidad espectral de potencia promedio	E nivel del pico máximo del (f) no debe ser mayor a + 8 dBm. La densidad espectral de potencia del transmisor conducida a la antena, no deberá ser mayor que 8 dBm en cualquier banda de 3 kHz, durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua o sobre 1 s si la transmisión excede a la duración de 1 s.

Tabla 5. Niveles de emisiones para todos los equipos [1]

	Especificación	Condición a cumplir por el fabricante para aplicar la prueba	Método de prueba	Condición de cumplimiento
1	4.5.1. Relativa a que las emisiones no esenciales estén atenuadas.	Para el caso de mediciones a frecuencias por debajo de 1 GHz, a las configuraciones de medición habrá que añadir el detector cuasipico en cascada con los demás elementos de la configuración, cerca del analizador de espectro. Para el caso de configuración para medición de emisiones radiadas pudiera ser necesario el uso del pre-amplificador previsto en 5.1.4.2.	5.6.1	Debe llevarse a cabo bajo el mismo criterio de medición de potencia pico de salida, por lo que si para medir ésta se usó el método 1 de la alternativa 1, los picos de potencia obtenidos en e) deberán estar atenuados respecto de las potencias de RF en intervalos de 100 kHz dentro de la banda de operación, 20 dB. Pero si se usaron los métodos 2, 3 o 4, de la alternativa 2 en 5.4.2, se habría estado, entonces, midiendo potencia promedio, por lo que para determinar el cumplimiento con la especificación 4.5, los picos de potencia obtenidos en e) en intervalos de 100 kHz deberán estar atenuados 30 dB en lugar de 20 dB.
2	4.5.2. Relativa a que no se interfieran bandas de frecuencia donde existen otros servicios. Se deben cumplir los límites de las emisiones.	Armar el arreglo de configuración de emisiones conducidas conforme a lo indicado en 5.1.4.1, añadiendo al arreglo de la Figura un detector cuasipico. Esto sólo para el caso de mediciones a frecuencias por debajo de 1 GHz.	5.6.2	a) Para el caso de medición de emisiones radiadas, las emisiones no esenciales del transmisor y del receptor se ajustarán a los límites que establece el Cuadro 3. b) Para el caso de medición de emisiones conducidas, las emisiones no esenciales que aparezcan en las terminales a la antena, para cualquier frecuencia, no excederán de 2 nW en la banda de 30 MHz a 1000 MHz para cualquier ancho de banda de 4 kHz, o de 5 nW para frecuencias mayores a 1 GHz.

3. SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DE LA NOM-121 [1]

En el Capítulo 5 de la NOM-121 [1] se describen de manera general los tres sistemas de medición que se presentan en la siguiente Tabla 6.

Tabla 6. Sistemas de medición de la NOM-121 [1]

Sistema de medición	Condición para su aplicación	Instalaciones
Configuración para emisiones conducidas (5.1.4.1 de [1])	La antena del EBP es desmontable	No requiere instalaciones especiales
Configuración para emisiones radiadas (5.1.4.2 de [1])	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 (5.3.4 de [1])	Relativa a la especificación 4.2.4 aplicable a equipos del tipo salto de frecuencia	

3.1 Sistema de medición para pruebas de emisiones conducidas.

Para reproducir las condiciones de operación del EBP requeridas en cada una de las cláusulas de la norma (Véanse Tablas 1 a 5 de este artículo) que producen el peor caso de señal de RF a la salida del EBP, es necesario controlar su operación al tiempo en que se miden las características de dicha señal. De tal forma que se requiere un sistema de medición como el que se ilustra esquemáticamente en la Figura 1.

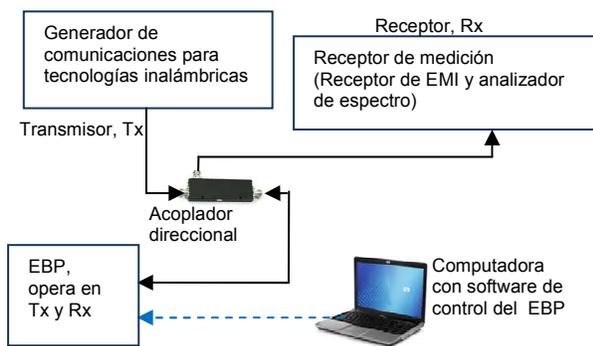


Figura 1. Sistema de medición para emisiones conducidas

Como en cualquier otra norma de EMC, el instrumento básico de medición es un receptor de interferencias electromagnéticas (EMI, *Electromagnetic Interference*), cuyas especificaciones deben cumplir con la norma CISPR 16-1-1 [3] o la ANSI C63.4 [4] para los Estados Unidos. Estas normas contienen especificaciones para receptores EMI que operan en el intervalo de 9 kHz a 1 GHz y

para sitios de prueba en el intervalo de 30 MHz a 18 GHz. Para mediciones por arriba de 1 GHz, en estas normas, al igual que en la NOM-121 [1], se considera aceptable el uso de analizadores de espectro. Por lo tanto, puede emplearse un receptor de medición que cumpla como receptor de EMI para frecuencias por debajo de 1 GHz y que tenga la capacidad de un analizador de espectro a frecuencias por arriba de 1 GHz.

En la Figura 1 se ilustra el uso de un acoplador direccional, cuya línea principal opera como un elemento recíproco que permite que el generador de comunicaciones inalámbricas establezca un enlace de comunicación bidireccional con el EBP, al tiempo que a través de la trayectoria acoplada, una parte de esa señal se lleva hacia el receptor de medición. Esta señal a medir tendrá un nivel de atenuación igual al valor del acoplamiento del acoplador, por lo que el acoplador direccional debe seleccionarse de tal forma que por una parte permita una adecuada medición por arriba del nivel de ruido del receptor y por otra evite sobrecargarlo con una señal demasiado intensa. Por supuesto que para una correcta medición de los parámetros de las señales a analizar, el acoplador y el resto de la instrumentación empleada deben estar calibrados.

La operación del EBP se controla con el software que debe proporcionar su fabricante y que se ejecuta desde la computadora personal. El receptor de medición conectado al puerto acoplado del acoplador direccional debe tener especificaciones tales que permitan medir las características de la señal de RF que está produciendo el EBP.

3.2 Sistema de medición para pruebas de emisiones radiadas.

3.2.1 Instalaciones

El empleo del sistema de medición para medición de emisiones radiadas requiere el uso de instalaciones apropiadas tales como un sitio de área abierta (OATS, *Open Area Test Site*), una cámara anecoica (FAC, *Full Anechoic Chamber*), o aunque la NOM-121 no especifica una cámara semianecoica (SAC, *Semi Anechoic Chamber*), ésta podría usarse para pruebas por arriba de 1 GHz si se modifica colocando el material absorbente electromagnético adicional necesario para reducir reflexiones indeseadas conforme lo requiera el diseño de dicha cámara; esto es, podría ser necesario colocarlo sobre el plano de tierra entre las antenas o incluso a espaldas del EBP.

3.2.2 Validación de las instalaciones

De acuerdo al Anexo de la NOM-121 [1], las instalaciones para medición de emisiones radiadas por RF deben estar calibradas, ya sea que se trate de un OATS, una SAC, o una FAC; en el caso de una FAC se especifica también que se deben cumplir los requerimientos de pérdidas de blindaje y pérdidas por retorno hasta 10 GHz especificados en el Gráfico A.2 de dicho Anexo [1]. Las pérdidas por retorno están asociadas a la Razón de Onda Estacionaria de Tensión Eléctrica (VSWR, *Voltage Standing Wave Ratio*) del Sitio, S_{VSWR} , que es una magnitud que se mide de acuerdo a la Sección 8 de la norma internacional CISPR 16-1-4 [5]. Sin embargo, es preciso considerar que al día de hoy, en las normas que pudieran ser equivalentes a la NOM-121 [1] en la parte de métodos de prueba, como por ejemplo, la norma ANSI C63.10 [10], se solicita únicamente que los sitios de pruebas cumplan con el criterio de validación de la Sección 5 de la norma internacional CISPR 16-1-4 [5], que se refiere a la calibración de la atenuación de sitio normalizada (NSA, *Normalized Site Attenuation*) de 30 MHz a 1 GHz.

3.2.3 Períodos de revalidación del sitio de pruebas

Con respecto a la revalidación de los sitios de prueba, ésta debe ser obligatoria en el caso de que la configuración validada sufriera algún cambio en sus instalaciones, en el equipamiento, etc.

3.2.4 Antenas

La NOM-121 [1] establece que las antenas empleadas en la medición de emisiones radiadas deben cumplir con lo establecido en la NMX-I-175/01-NYCE-2003 [6], lo cual implica que las antenas deben ser calibradas (en ganancia o en factor de antena) en instalaciones validadas para calibrar antenas de EMC que cumplan con los criterios establecidos en la norma internacional CISPR 16-1-5 [7].

3.2.4 Geometría de medición para pruebas de emisiones radiadas

La geometría de medición de las antenas en transmisión (Tx) y recepción (Rx), es decir, la altura de las antenas, su polarización, su orientación, y la distancia de prueba, deben ser tales que aseguren

la transferencia óptima de energía al sistema de medición para que las mediciones sean confiables.

En el Anexo A de la NOM-121 [1] se especifican más detalles sobre la geometría de medición. En el caso de utilizar un OATS y a frecuencias menores o iguales a 1 GHz, la distancia entre la antena patrón y el EBP no debe ser menor a 3 m; pero a frecuencias mayores a 1 GHz, se puede utilizar cualquier distancia entre la antena patrón y el EBP, siempre y cuando se cumpla la condición de campo lejano. El tamaño del EBP (excluyendo la antena) debe ser menor al 20 % de la distancia de medición (distancia entre la antena patrón y el EBP). La altura del EBP o de la posición de su antena debe ser de 1.5 m, la altura de la antena patrón debe variarse entre 1 y 4 m [1]. Si el tipo de instalación es una FAC, entonces, de acuerdo con la Sección A.2 de [1], tanto la antena patrón como el EBP deben usarse de la misma manera que en el sitio de pruebas de área abierta, pero la diferencia es que se colocan a la misma altura sobre el piso.

3.2.5 Esquema del sistema de medición

En la Figura 2 se presenta un esquema del sistema de medición para emisiones radiadas, el cual resulta más complejo que el de la Figura 1 porque se emplea un sitio de pruebas y se establece un enlace por radio para la comunicación con el EBP; las señales transmitidas por el EBP son captadas por la misma antena y por medio de un acoplador direccional se hacen llegar al receptor de EMI. El EBP se controla por medio de una computadora a través del cable de datos.

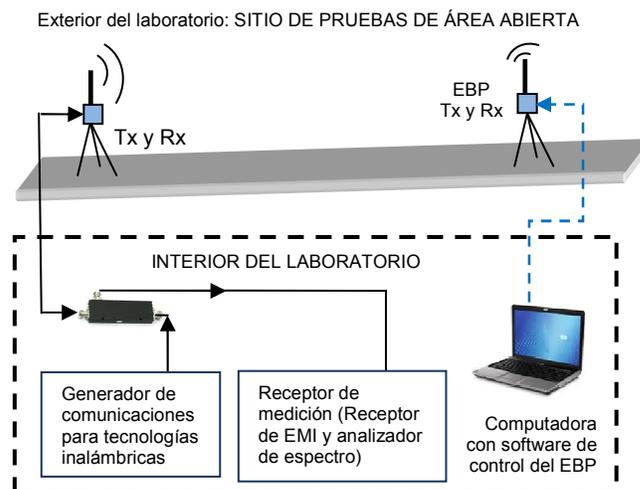


Figura 2. Sistema de medición para emisiones radiadas

En los casos donde se requiera extender el intervalo de frecuencia del analizador del espectro que forme parte de los sistemas de medición puede ser de utilidad la referencia [8]; asimismo, en el caso de que un analizador de espectro no incluya la detección cuasipico, podría adicionarse un detector externo y en ese caso puede resultar de utilidad la información en la referencia [9].

4. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LAS MEDICIONES

Los resultados de las mediciones deben ir acompañadas de la incertidumbre estimada. Esta estimación se realizará conforme a la versión más reciente de la norma mexicana NMX-CH-140-IMNC [13], o en todo caso conforme al documento normativo que la sustituya. Para la estimación de incertidumbre en las mediciones realizadas con el analizador de espectro, puede consultar la sección titulada "6.2 Presupuesto de incertidumbre para sistema de medición basado en el analizador de espectros" de la referencia [14].

5. COMENTARIOS SOBRE LA IMPLANTACIÓN DE LA NOM-121 [1]

5.1 La NOM-121 [1], en principio, contiene tanto los límites que deben cumplir los equipos sujetos a la norma como los métodos de prueba. Sin embargo, sería de gran utilidad desarrollar un Cuaderno Técnico que proporcione detalles para la aplicación correcta y completa de las pruebas contenidas en la NOM-121 [1] a fin de que se facilite su reproducción e implantación en laboratorio, y que se apliquen las mejores prácticas de medición. En este documento se pueden proporcionar, entre otros aspectos, los siguientes: sistemas de medición más detallados para cada prueba y tipo de equipo; el tipo de instalaciones que pueden emplearse además de un OATS o una FAC; la validación de estos sitios de prueba y sus periodos de revalidación; la geometría de medición para el caso de FAC modificadas, la aplicación de la información contenida en los certificados de calibración de los equipos que integran los sistemas de medición, estimación de la incertidumbre en las pruebas, etc. A dicho cuaderno incluso se le podría dar el carácter de obligatorio.

5.2 Gran parte de las pruebas de la NOM-121 [1] están contenidas en las normas ANSI C63.10 [10] y ANSI C63.17 [11], por lo que estos documentos adquieren una gran importancia como referencia y consulta.

5.3 Anteriormente parecía que, en general, las pruebas de EMC estaban enfocadas sólo a ciertos tipos de equipos eléctricos y electrónicos y en el caso de equipos de comunicaciones sólo para radiorreceptores de audio y televisión, pero no para radiadores intencionales. Esto debido a que los equipos de comunicaciones están sujetos de manera natural a las regulaciones técnicas de uso del espectro radioeléctrico y de las redes públicas de telecomunicaciones. Esta situación ha cambiado por la publicación de las normas ANSI C63.10 [10], ANSI C63.17 [11] y próximamente la norma ANSI C63.26 [12] dirigida a transmisores que sí requieren licencia. Ahora es claro que hay una plena convergencia de estos dos campos de la ingeniería. Este análisis es importante ya que explica porqué son necesarios ciertos tipos de instrumentación e instalaciones para realizar las pruebas de la NOM-121 [1] en el caso de México y de la ANSI C63.4 [4] para Estados Unidos.

5.4 El conocimiento de las diferentes tecnologías de comunicaciones inalámbricas es un requisito indispensable para los laboratorios de pruebas que realicen la evaluación de la conformidad de la NOM-121 [1].

5.5 Es necesario enfatizar la importancia de que el fabricante participe en una forma comprometida en el éxito de las pruebas. En este sentido, un asunto particularmente crítico es que el fabricante debe proveer el software de control de su equipo, el cual es el software de ingeniería del producto y no el software para el usuario final. La gran mayoría de proveedores de equipos inalámbricos en nuestro país son representantes comerciales de los fabricantes y que generalmente parecen manifestar temor ante la implantación de regulaciones técnicas en México. Es necesario que se entienda que si realizan inversiones sustanciales para desarrollar productos con la calidad suficiente para cumplir en mercados exigentes, pueden verse también beneficiados por las regulaciones técnicas de nuestro país ya que éstas evitarán la competencia desleal de otros productos de mala calidad que de otra forma inundarían el mercado.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los valiosos comentarios realizados al presente artículo por parte del personal de la COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES (COFETEL): Ing. Ricardo Morán González e Ing. Alfredo Evaristo López Santiago.

7. CONCLUSIONES

Tras su reciente publicación, se espera que la NOM-121 [1] entre en vigencia una vez que en el país se cuente con uno o varios laboratorios con la capacidad para realizar la totalidad de las pruebas que exige la norma. Los laboratorios de prueba serán acreditados y aprobados para realizar la evaluación de la conformidad con esta NOM cuando desarrollen la competencia técnica y los sistemas de medición requeridos conforme a lo que se señala en el apartado 5.6.2.2 (Ensayos) de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 [15].

REFERENCIAS

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-121-SCT1-2009, Telecomunicaciones-Radiocomunicación-Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso - Equipos de radiocomunicación por salto de frecuencia y por modulación digital a operar en las bandas 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz -Especificaciones, límites y métodos de prueba. Publicado por la COFETEL en el DOF del 21 de junio de 2010.
- [2] Alfredo E. López Santiago, Ricardo Morán González, "Proyecto de norma oficial mexicana NOM-121-SCT1-2008 para equipos de telecomunicaciones de espectro disperso". Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica. Centro Nacional de Metrología, del 18 al 20 de Noviembre de 2009. Disponible en: http://www.cenam.mx/dme/pdf/EXT_T1-Vie-6.pdf y http://www.cenam.mx/dme/pdf/PRE_T1-Vie-6.pdf
- [3] CISPR 16-1-1 (Ed.2.0). Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus. <http://www.iec.ch/cgi-bin/procgi.pl/www/iecwww.p?wwwlang=e&wwwprog=cat-det.p&progdb=db1&wartnum=035839>. Fecha de consulta: 15 de julio de 2010.
- [4] ANSI C63.4-2003. American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz.
- [5] CISPR 16-1-4 Ed.3: Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antennas and test sites for radiated disturbance measurements.
- [6] NMXI-175/01-NYCE-2003 “Telecomunicaciones – Compatibilidad Electromagnética – Especificación para los aparatos y métodos de medición de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad – Parte 01: aparatos de medición de perturbación e inmunidad, capítulos 15 y 16.
- [7] CISPR16-1-5:2003-11, First Edition, “Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus-Antenna Calibration test sites for 30 MHz to 1000 MHz”.
- [8] User’s Guide 11970 SERIES HARMONIC MIXERS (K, A, Q, U, V, and W Models). <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/11970-90031.pdf>. Fecha de consulta: 15 de julio de 2010.
- [9] Hewlett Packard, Operation and Service Manual, 85650A Quasi-Peak Adapter. July 2004. <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/85650-90001.pdf>. Fecha de consulta: 15 de julio de 2010.
- [10] ANSI C63.10-2009. American National Standard for Testing Unlicensed Wireless Devices.
- [11] ANSI C63.17-2009. American National Standard for Methods of Measurement of the Electromagnetic and Operational Compatibility of Unlicensed Personal Communications Services (UPCS) Devices.
- [12] ANSI C63.26: American National Standard of procedures for compliance testing of unlicensed wireless devices. New Project. http://www.c63.org/documents/misc/matrix/c63_standards.htm#C63_26. Fecha de consulta: 15 de julio de 2010.
- [13] NMX-CH-140-IMNC 2002. "Guía para la expresión de la Incertidumbre en las mediciones", equivalente a “*Guide to the Expression or Uncertainty in Measurement, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)*”
- [14] Victoria Molina López, Israel García Ruiz, Mariano Botello Pérez, Estimación de incertidumbre en la medición de la atenuación de sitio en la validación del CALTS-CENAM, Memorias del Simposio de Metrología; 25 al 27 de Octubre de 2006. Disponible en: <http://www.cenam.mx/memsimp06/index.htm>
- [15] NMX-EC-17025-IMNC-2006 “Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo o calibración”.