

**DIRECTRICES PARA LA ARMONIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN EN
LA COMPROBACIÓN TÉCNICA DEL USO DEL ESPECTRO PARA COORDINACIÓN EN
ZONAS DE FRONTERA**

La XXIII Reunión del Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones (CCP.II),

CONSIDERANDO:

- a) Que el establecimiento de procedimientos técnicos armonizados para la verificación de la utilización del espectro por las administraciones, sería de gran beneficio para la identificación de los problemas de interferencias en zonas fronterizas lo que conlleva a una solución a las mismas;
- b) Que para llevar a cabo la función de vigilancia y control del espectro radioeléctrico de una manera más eficiente, es deseable que las administraciones desarrollen procedimientos armonizados para la verificación de parámetros técnicos del espectro de acuerdo con la banda o servicio objeto de estudio;
- c) Que es beneficioso armonizar criterios en la región respecto a la forma como se presentan los resultados de las mediciones de interferencias en zonas de frontera, para facilitar la comprensión y el intercambio de información entre administraciones a fin de lograr una interpretación rápida y sin dificultades;
- d) Que a pesar de que los métodos de comprobación técnica del espectro varían según los servicios, bandas de frecuencias y del personal que las lleva a cabo, es importante establecer los lineamientos generales para los equipos de medición y de configuración y/o operación de los mismos;
- e) Que la evolución tecnológica favorece el desarrollo de nuevos servicios y modalidades de los mismos, originándose la necesidad de efectuar eventuales revisiones y actualizaciones de los procedimientos para la comprobación técnica del espectro;
- f) Que la región adolece de fenómenos de interferencia ocasionados por el uso ilegal del espectro radioeléctrico en zonas de frontera, por lo que podría ser necesario que las administraciones establezcan acuerdos que permitan solucionar en el menor tiempo posible las interferencias que son ocasionadas por estas emisiones ilegales,

RECOMIENDA:

- 1. Que las administraciones que comparten fronteras comunes incluyan procedimientos para identificar problemas de interferencia como parte de sus procesos de coordinación.
- 2. Que el Anexo se utilice como guía para llevar a cabo el procedimiento de medición.
- 3. Que los procedimientos descritos en el Anexo a la presente Recomendación sean actualizados y perfeccionados cuando sea necesario con base en el aporte de las Administraciones, considerando sus experiencias y necesidades tanto particulares como comunes.

¹ CCP.II-RADIO/doc. 3580/14 rev.1

ANEXO A LA RECOMENDACION CCP.II/REC. 44 (XXII1-14)

DIRECTRICES PARA LA ARMONIZACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN EN LA COMPROBACIÓN TÉCNICA DEL USO DEL ESPECTRO PARA COORDINACIÓN EN ZONAS DE FRONTERA.

ÍNDICE

1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	3
2.1 ANTENA.....	3
2.2 HPBW (HALF POWER BEAM WIDTH).....	3
2.3 BWFN (BEAM WIDTH BETWEEN FIRST NULLS)	3
2.4 GANANCIA DE UNA ANTENA.....	3
2.5 RESOLUCIÓN DE UNA ANTENA	4
2.6 PATRÓN DE RADIACIÓN DE UNA ANTENA	4
2.7 ANALIZADOR DE ESPECTROS SUPERHETERODINO.....	4
2.7.1 <i>RBW</i>	4
2.7.2 <i>VBW</i>	4
2.7.3 <i>SPAN</i>	4
2.7.4 <i>SWEEP TIME</i>	4
2.8 AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO (LNA).....	4
2.8.1 <i>FIGURA DE RUIDO</i>	4
2.9 SENSIBILIDAD.....	4
2.10 PISO DE RUIDO DEL ANALIZADOR	5
2.11 GEO - REFERENCIAR.....	5
2.12 INTERVISIBILIDAD	5
3. PLANEACIÓN Y PRE INGENIERÍA PARA LA COMPROBACIÓN TÉCNICA DEL USO DEL ESPECTRO.....	5
3.1 PARÁMETROS SUGERIDOS DE LOS SISTEMAS BÁSICOS DE MEDICIÓN	5
3.2 TIPOS DE MEDICIÓN A REALIZAR.....	6
3.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA BÁSICO DE MEDICIÓN	7
4. EJECUCIÓN DE LA COMPROBACIÓN TÉCNICA DEL USO DEL ESPECTRO	7
4.1 DEFINICIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN	8
4.2 GESTIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA COMPROBACIÓN TÉCNICA DEL ESPECTRO	8
5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	8

1. Consideraciones generales

El [Manual de Comprobación Técnica del Espectro](#) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) contiene especificaciones típicas de receptores y estaciones de comprobación técnica, y describe de forma general las configuraciones de algunos parámetros requeridos por éstos para realizar un análisis espectral, sin embargo, se hace necesario detallar y estandarizar las condiciones mínimas de configuración y operación de dichos sistemas acorde a los servicios de radiocomunicaciones y las bandas de frecuencias a monitorear, así como, definir los procedimientos a seguir al adelantar las verificaciones de ocupación y de los parámetros técnicos de las estaciones fijas que hacen uso del Espectro Radioeléctrico en zonas de frontera, considerando la utilización de analizadores de espectro superheterodinos.

Lo anterior reviste importancia, teniendo en cuenta que, este documento busca facilitar la unificación de criterios a nivel regional para que las administraciones de cada nación adopten posiciones comunes y procedimientos similares, que permitan ejecutar de manera adecuada una comprobación técnica del espectro, y en los casos que se requiera, facilite el estudio conjunto para lograr armonización del uso del espectro radioeléctrico en zonas de frontera, garantizando la resolución eficaz de interferencias en dichas zonas.

2. Términos y definiciones

2.1 Antena

Parte de un sistema transmisor y receptor que está diseñada para radiar o recibir ondas electromagnéticas.²

2.2 HPBW (Half Power Beam Width)

En un patrón de radiación la zona que contiene el máximo de un lóbulo, el ángulo entre las dos direcciones en las cuales la intensidad de radiación es la mitad del valor máximo.³

2.3 BWFN (Beam Width Between First Nulls)

De sus siglas en Inglés Ancho del haz entre los primeros nulos. El ancho de haz entre primeros nulos es aproximadamente igual a la mitad del ancho de haz a media potencia.⁴

2.4 Ganancia de una Antena

Relación generalmente expresada en decibelios, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Salvo que se indique lo contrario, la ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la antena. Eventualmente puede tomarse en consideración la ganancia para una polarización especificada.

Según la antena de referencia elegida se distingue entre:

- a) la ganancia isótropa o absoluta (G_i) si la antena de referencia es una antena isótropa aislada en el espacio;
- b) la ganancia con relación a un dipolo de media onda (G_d) si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada;

²IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas, IEEE STD 145-1993.

³IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas, IEEE STD 145-1993.

⁴J. D. Krauss, ANTENNAS, 2da edición p.p. 27 de Mc Graw Hill.

c) la ganancia con relación a una antena vertical corta (G_v) si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada. ⁵

2.5 Resolución de una antena

Se define como el $BWFN/2$, es decir, como el equivalente a la mitad del ancho de haz entre primeros nulos. ⁶

2.6 Patrón de radiación de una antena

Distribución espacial de una cantidad que caracteriza el campo electromagnético generado por una antena. ⁷

2.7 Analizador de Espectros Superheterodino

2.7.1 RBW (Resolution Band Width)

De sus siglas en inglés Ancho de banda del filtro de resolución se expresa en kHz. (1000, 100, 30, 10, 1). Entre menor es su valor mejor se definen las señales que aparecen a la entrada del Analizador de Espectros, de igual manera entre menor es su valor mejor es el piso de ruido del instrumento de medición.

2.7.2 VBW (Video Band Width)

De sus siglas en inglés Ancho de banda del filtro de Video entre menor es su valor más limpio se ve el trazo en amplitud.

2.7.3 SPAN

Define el rango del espectro que registra el Analizador de espectros.

2.7.4 SWEEP TIME

Velocidad de barrido del trazo, depende del SPAN, del RBW y del VBW

2.8 Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA)

2.8.1 FIGURA DE RUIDO

La relación entre la Relación de Potencia de Señal vs. Potencia de Ruido a la entrada, comparada con la Relación de Potencia de señal vs. Potencia de Ruido a la Salida. ⁸

2.9 Sensibilidad

La sensibilidad de un receptor de comprobación técnica del espectro se define como la mínima tensión de la señal (μV) a la entrada del receptor de comprobación técnica que permite la demodulación y la escucha audible de la señal recibida. ⁹

El mínimo nivel de señal audible puede determinarse efectuando una medición de la relación señal/interferencia incluyendo el ruido y la distorsión (SINAD).

⁵ Recomendación UIT-R V.573-5 Vocabulario de radiocomunicaciones.

⁶ J. D. Krauss, ANTENNAS, 2da edición p.p. 27 de Mc Graw Hill.

⁷ IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas, IEEE STD 145-1993.

⁸ Harald Friis (Friis, H.T. Noise Figures of Radio Receivers, Proceeding of the IRE, Julio, 1944, páginas. 419-422.

⁹ Informe UIT-R SM.2125-1, Parámetros y procedimientos de medición de las estaciones y receptores de comprobación técnica en las bandas de ondas decamétricas/métricas/decimétricas.

2.10 Piso de Ruido del Analizador

Hace referencia al nivel en dBm que muestra el analizador de espectros una vez configurado para la medición y sin que se le conecte aún la antena.

2.11 Geo - Referenciar

Correlacionar el punto de medición con las coordenadas geográficas del sitio, se debe tener en cuenta el DATUM con el que se registran las coordenadas.

2.12 Intervisibilidad

La intervisibilidad es la capacidad de observar en una línea visual directa (sin obstrucción) desde una posición en la superficie de la tierra hacia otra, teniendo en cuenta el terreno y los obstáculos entre ellos. Para el caso de la comprobación técnica es entonces un tipo de línea de vista que tiene el punto de medición y que debe considerar además la altura a la que está localizada la antena del sistema de medición.

3. Planeación y Pre ingeniería para la Comprobación Técnica del uso del Espectro

3.1 Parámetros sugeridos de los Sistemas Básicos de Medición

Con el fin de establecer las especificaciones mínimas que deben tener los sistemas básicos de medición para que den cumplimiento a la presente Recomendación, se muestra a continuación los requerimientos mínimos de este:

- El piso de ruido del sistema se sugiere entre -90 y -130 dBm isotrópicos dependiendo del tipo de servicio a evaluar.
 - Para mejorar la sensibilidad en los sistemas que así lo requieran, se recomienda contar con un preamplificador caracterizado (LNA), que tenga una figura de ruido menor o igual a 4 dB, con una ganancia mínima de 20dB.
- Rango de operación de frecuencia en función de la banda de operación del servicio a evaluar.
- Equipos con calibración vigente de acuerdo a recomendación de fabricantes.
- Antenas caracterizadas con tablas de respuesta en Frecuencia vs Ganancia o factor de antena
- Preamplificador caracterizado de bajo nivel de ruido (LNA), (figura de ruido menor a 4 dB) de 20 a 40 dB de ganancia en función de la sensibilidad de los sistemas a implementar en la banda de interés, típicamente para mediciones de radiodifusión no es necesario un preamplificador. Cables de interconexión entre la antena y el analizador, de baja pérdida caracterizados en función de la frecuencia.
- Resolución de 5 a 60 grados en función del BWFN de la antena de prueba. Cuando se utiliza una antena con un patrón de radiación tipo omnidireccional no aplica.
- Caracterización de las señales según Recomendaciones de la UIT y del Cuadro de Atribución de Frecuencias.

La recomendación de configuración que debe tener en cuenta un operador del sistema básico de medición para realizar verificaciones del espectro radioeléctrico, se presenta a continuación:

De 510 kHz a 1800 kHz, Servicio de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada AM

RBW_{Max}: 300 Hz

VBW_{Max}: Automático dependiendo del RBW (preferiblemente una relación de 1 a 3)¹⁰

Tiempo de Barrido: Automático dependiendo del RBW y VBW

¹⁰Recomendación UIT-R-SM-443-4

Span: 40 kHz
Traza: Promedio 10

Para la definición de lo anterior se utilizó como base un laboratorio en la cual observó el comportamiento de una señal modulada en amplitud en la frecuencia 810 kHz utilizando para ello analizadores estándar de espectro de marcas típicamente utilizados en la región como los son: Rohde&Schwarz, Anritsu, Hewlett Packard y Agilent.

Servicio de Radiodifusión de Televisión analógica y digital VHF y UHF
De 54 MHz a 88 MHz, 174 MHz a 216 MHz, 470 MHz a 806 MHz

RBW_{Max} : 3 kHz
 VBW_{Max} : Automático dependiendo del RBW (preferiblemente una relación de 1 a 3)
Tiempo de Barrido: Automático dependiendo del RBW y VBW
Span: Mínimo el valor en Megahertz de lo contemplado en la canalización del estándar adoptado por cada administración
Traza: Promedio 10

Servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada FM
De 88 MHz a 108 MHz,

RBW_{Max} : 3 kHz
 VBW_{Max} : Automático dependiendo del RBW (preferiblemente una relación de 1 a 3)
Tiempo de Barrido: Automático dependiendo del RBW y VBW
Span: 500 kHz
Traza: Promedio 10

Servicio relevadores radioeléctricos analógicos y digitales punto a punto en bandas microondas SHF
De 3,6 a 4,2 GHz, 4,4 a 5,0 GHz, 5,725 a 6,425 GHz, 5,725 a 7,1 GHz, 7,1 a 7,750 GHz, 7,725 a 8,5 GHz, 10,5 a 10,68 GHz, 10,7 a 11,7 GHz, 12,75 a 13,25 GHz, 14,4 a 15,35 GHz, 17,7 a 19,7 GHz y 21,2 a 23,6 GHz

RBW_{Max} : 30kHz
 VBW_{Max} : 30kHz
SPAN: Mínimo el valor en Megahertz de lo contemplado en la canalización adoptada en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias de cada administración.
Traza: Promedio 4

3.2 Tipos de medición a realizar

En general los tipos de medición a ejecutar se pueden clasificar de la siguiente manera:

Barrido Circular (Acimut): Mediciones programadas para determinar el grado de ocupación en un rango de interés del espectro radioeléctrico, caracterizando los resultados en la banda de interés en un intervalo de 360 grados. Es recomendable que el espaciamiento en grados para la toma de registros sea al menos la mitad del BWFN de la Antena de prueba, si bien otros espaciamientos pueden definirse en función del escenario de pruebas y los requerimientos adicionales de la medición; este tipo de mediciones son muy utilizadas para enlaces punto a punto ya que permite el análisis de reuso de frecuencias en caso de que la banda presente gran ocupación; el monitoreo siempre se realiza en polaridad vertical y horizontal. El uso de un motor de posición de la antena con control remoto es OPCIONAL.

Tiempo: Mediciones programadas para determinar el grado de ocupación en un rango de interés del espectro radioeléctrico y para caracterizar las mediciones en la banda de interés, se pueden programar mediciones en intervalos de tiempo que pueden ser de minutos, horas o días; este tipo de medición es muy útil cuando se evalúan señales cuya presencia no es constante en el tiempo; ejemplo sistemas PTT (*Push to talk*), típicamente se utilizan antenas de prueba no directivas con patrones de radiación omnidireccionales.

Acimut – Tiempo: Mediciones programadas para caracterizar mediciones directivas y que no son permanentes en tiempo, ej. Sistemas *Spread spectrum* y *frequencyhopping*.

Infracción de parámetros técnicos: Monitorización de varias portadoras durante un intervalo de tiempo definido por el usuario, utilizando máscaras de referencia de fácil definición que evalúan las características de ancho de banda y potencia de las mediciones de interés, cuando se supera algunos de los límites establecidos se registran las señales en un archivo de alarmas y se envía por varios medios al interesado.

3.3 Configuración del sistema básico de medición

La configuración del sistema receptor debe permitir la máxima resolución de las señales y un adecuado piso de ruido de acuerdo al tipo de señal que se está midiendo con el instrumento, si se utiliza un analizador de espectros este debe cumplir con las recomendaciones UIT-R SM.377-4 y UIT-R SM. 378-7, que hacen referencia a la precisión mínima tanto en frecuencia como en la medición de la intensidad de campo.

De manera práctica para un analizador de espectros que mida en tiempo real del tipo superheterodino los parámetros RBW, VBW y SPAN que son los que impactan el piso de ruido y la resolución de las señales no deben ser mayores a los siguientes valores: $RBW \leq 30 \text{ kHz}$; $VBW \leq 100 \text{ kHz}$, $SPAN \leq 300 \text{ MHz}$. Lo importante es cumplir con la sensibilidad global del sistema y mantener el Analizador de Espectro calibrado (No debe aparecer en pantalla el mensaje “UNCAL” o indicación equivalente).

4. Ejecución de la Comprobación técnica del uso del espectro

Con base en la información de pre ingeniería se programa un plan de mediciones y se define de manera preliminar la geo localización del punto de medición para lo cual se debe mostrar en un mapa la localización geográfica del sitio y en lo posible un análisis de intervisibilidad.

Al arribar a cada sitio, el líder técnico responsable de la unidad de monitorización, debe identificar el punto más adecuado para realizar la medición y, dependiendo de la banda a estudiar, debe decidir si es necesario subir o no a torre, en caso de que dicha torre exista.

Una vez definido el sitio de medición, se debe documentar de manera geo referenciada el punto de medición (registrando el dátum geodésico de referencia que se utilice para la toma de coordenadas), tomando nota de todos los transmisores que son visibles desde el punto seleccionado. Si existe un gran número de ellos se deberán documentar agrupándolos en bloques e identificándolos de alguna forma inteligible (por ejemplo con letras de la A la Z o nombrándolas desde el norte en la dirección de las manecillas del reloj). Para cada sitio se deberá elaborar una bitácora que contiene los datos relevantes para el análisis de los registros.

Una vez desplegado el sistema de monitorización se deben ejecutar los planes de medición programados. Si el análisis incluye bandas completas del cuadro o plan nacional de atribución de frecuencias de cada administración, que típicamente corresponden a anchos de banda $\geq 500 \text{ MHz}$, se deberán tomar de manera secuenciada las muestras del espectro para mantener una adecuada resolución de las señales y la sensibilidad requerida, y preferentemente, por medios informáticos, en lo posible consolidar las muestras secuenciadas en una sola gráfica que permita observar bandas completas del espectro.

4.1 Definición del procedimiento de medición

Los procedimientos de medición son un elemento fundamental para la estandarización y homologación de buenas prácticas en la comprobación técnica del espectro, los procedimientos de medición serán de gran utilidad debido a que permitirán mejorar y optimizar recursos en las siguientes labores técnicas:

- Mediciones de ocupación
- Verificación de parámetros técnicos
- Verificación de la disponibilidad de bandas del espectro
- Resolución de problemas de interferencias
- Medición de Radiaciones Electromagnéticas RNI

Cada procedimiento de las labores técnicas indicadas, debe contener un instructivo muy detallado de las mejores prácticas para llevar a cabo cada una de las mediciones, el cual debe incluir responsables, documentos de entrada, documentos de salida, entre otros, conforme con las recomendaciones de calidad señaladas para tal fin.

4.2 Gestión y análisis de los resultados de la Comprobación técnica del espectro

Cuando se ejecuten varias mediciones del espectro se recomienda una configuración homogénea de los equipos, así como también se recomienda almacenar los registros en una base de datos.

La base de datos debe registrar cada una de las mediciones por sitio, las cuales se puedan consultar por medio de filtros, tales como, sitio, frecuencias o fechas para un rápido análisis de disponibilidad de frecuencias, utilizando las canalizaciones del cuadro o plan nacional de atribución de frecuencias adoptado por la administración de cada país.

En seguida se presenta una recomendación acerca del contenido del informe técnico que debe tener en cuenta una administración, para que pueda ser fácilmente comprensible para otras administraciones.

5. Presentación de los Resultados

La estructura recomendada que debería tener en cuenta un ente de administración de espectro para la elaboración del reporte técnico que presente las mediciones efectuadas en campo, de modo que pueda ser fácilmente comprensible para otras administraciones, es la siguiente:

1. Introducción
 - Se indica por qué se hace la medición y quienes intervienen en ella
 - Objeto de la medición
 - Fecha de las mediciones en campo y nombre de quienes intervienen en la medición, en el análisis de resultados y firma del ingeniero que avala el estudio. El ingeniero que avala el estudio debe poder comprobar que su título es reconocido en el país en el cual avala el estudio, por ejemplo a través de una matrícula profesional frente al ente o agremiación de ingenieros de su país, o con la apostilla de su título si se ha titulado en un país diferente a donde avala el reporte.
2. Descripción del sitio de medición: Documentación como se mencionó en la sección 3.2, e incluyendo información complementaria relevante como registro fotográfico y detalle de posibles obstáculos a la intervisibilidad del punto de medición.
3. Presentación del plan de monitorización

- Indicar bandas, tipo de medición (acimut, tiempo, etc.) y configuración del sistema de monitorización, indicando ganancia del preamplificador, pérdidas de cables y ganancia de antena cuando estos son utilizados.
- 4. Consideraciones especiales
- 5. Presentación gráfica de los registros resultados de la medición.
- 6. Análisis de los resultados banda por banda
- 7. Conclusiones
- 8. Recomendaciones
- 9. Anexos
- 9.1. Anexo I; Certificados de Calibración vigentes del Analizador de espectros.
- 9.2. Anexo II; Caracterización de antenas, cables y LNA.