

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SM.1880
(02/2011)

Mediciones de la ocupación del espectro

Serie SM
Gestión del espectro



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2011

© UIT 2011

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1880

Mediciones de la ocupación del espectro

(2011)

Cometido

Aunque las mediciones automáticas de la ocupación del espectro nunca sustituirán completamente a las observaciones manuales, siguen siendo muy adecuadas en la mayoría de los casos. La ocupación de canales de frecuencia así como la ocupación de las bandas de frecuencias debe tener un cierto nivel de precisión para que puedan compararse o fusionarse si es necesario. Utilizando la técnica y los métodos adecuados es posible lograr un empleo más eficaz de los equipos existentes.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el aumento constante de la demanda de servicios de radiocomunicaciones exige la utilización más eficaz del espectro de radiofrecuencias;
- b) que una buena gestión del espectro sólo puede hacerse de manera satisfactoria si se informa adecuadamente a los gestores del espectro sobre la utilización actual del espectro y las tendencias de su demanda;
- c) que los resultados de las mediciones de ocupación del espectro ofrecen información importante sobre:
 - asignación y adjudicación de frecuencias;
 - verificación de quejas relativas al bloqueo de canales;
 - determinación del grado de eficacia de la utilización del espectro;
- d) que la información obtenida de las bases de datos sobre las frecuencias asignadas no muestra el grado de utilización de cada canal de frecuencias;
- e) que algunas administraciones asignan la misma frecuencia a más de un usuario para su utilización compartida;
- f) que es conveniente comparar los resultados de las mediciones realizadas por distintos países en las zonas fronterizas o, por ejemplo, en bandas de los servicios móviles aeronáuticos o marítimos;
- g) que las administraciones emplean actualmente equipos de comprobación técnica automática, incluidos los métodos para el análisis de grabaciones, y puede evaluarse un cierto número de parámetros de considerable valor para permitir una utilización más eficaz del espectro;
- h) que al diseñar un sistema automatizado de recogida de datos sobre ocupación para utilizarlos en la gestión del espectro es necesario determinar qué parámetros van a medirse, la relación entre estos parámetros y la periodicidad con que deben realizarse las mediciones para garantizar que los datos son estadísticamente significativos;
- j) que deben armonizarse los procedimientos y técnicas de medición para facilitar el intercambio de los resultados de las mediciones entre los distintos países;
- k) que la integración o combinación con éxito de los datos de comprobación técnica no sólo depende del formato en que éstos se almacenan sino también de las condiciones técnicas y ambientales existentes en el momento de su recopilación,

reconociendo

- a) que en los distintos países se usan varios principios y métodos de medición de la ocupación del espectro;
- b) que existe un método en particular para recoger con gran precisión datos sobre la ocupación de los canales de frecuencia y que tales datos normalmente constituyen la base para determinar la ocupación real de las bandas de frecuencias,

recomienda

- 1 que se utilicen las técnicas y los procedimientos de medición descritos en el Anexo 1 para realizar las mediciones de la ocupación de los canales de frecuencia;
- 2 que se utilice el Manual de comprobación técnica del espectro de la UIT en vigor como guía para realizar las mediciones de ocupación del espectro y que los equipos satisfagan los requisitos mencionados en dicho Manual;
- 3 que con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.1809 se utilice un formato de datos común, consistente en un fichero ASCII por líneas obtenido del formato de datos para la comprobación técnica radioeléctrica (RMDF, *radio monitoring data format*).

Anexo 1

1 Introducción

En este Anexo se describen las mediciones de la ocupación de canal de frecuencias llevadas a cabo normalmente con un receptor o un analizador de espectro. Se almacena la intensidad de la señal de cada paso de frecuencia. Por medio de tratamiento ulterior, se determina el porcentaje de tiempo en el que la señal está por encima de un cierto nivel umbral. Diferentes usuarios de un canal producen a menudo distintos valores de intensidad de campo en el receptor. Esto permite calcular y presentar la ocupación por parte de diferentes usuarios.

2 Definiciones

Medición de la ocupación de canal de frecuencia: Mediciones de canales, no necesariamente separados por la misma distancia de canal, y posiblemente dispersos a lo largo de varias bandas de frecuencias, para determinar si un canal está ocupado o no. El objetivo es medir, en el menor tiempo posible, tantos canales como se pueda.

Tiempo de revisitado: Tiempo utilizado para visitar todos los canales que deben ser medidos (estén o no ocupados) y retornar al primer canal.

Tiempo de observación: Tiempo que necesita el sistema para efectuar todas las mediciones necesarias en un canal. Esto incluye todo tiempo adicional de procesado, tal como cuando se almacenan los resultados en memoria o en disco.

Máximo número de canales: Máximo número de canales que pueden ser visitados en el tiempo de revisitado.

Longitud de transmisión: Longitud media de la duración de las distintas transmisiones radioeléctricas.

Duración de la comprobación técnica: Tiempo total durante el cual las mediciones de ocupación son efectuadas.

Nivel de umbral preseleccionado para la medición: Si se recibe una señal con una intensidad superior al nivel umbral, se considera que el canal está ocupado.

Hora cargada: El mayor nivel de ocupación de un canal en un periodo de 60 min.

3 Requisitos

3.1 Equipo

Un sistema adecuado capaz de medir la ocupación de los canales de frecuencia mediante el registro de bandas de frecuencias consistirá en un receptor radioeléctrico o analizador de espectro, una antena adecuada, un cable, un PC/controlador con adaptador de interfaz, adquisición apropiada y software de procesamiento posterior.

Otras características pueden incluir un GPS para la explotación móvil/nómada de la estación, un módem de comunicaciones para el control remoto y el intercambio de datos, un método de calibración del sistema para las mediciones de intensidad de campo detectable, conmutadores de antena, filtros y atenuadores para bandas múltiples y/o entornos expuestos a intensos campos electromagnéticos.

3.2 Consideraciones sobre el emplazamiento

El emplazamiento debe elegirse de forma que la intensidad de señal esperada de las emisiones de interés se encuentre por encima del nivel umbral previsto. La relación entre estos dos parámetros definirá una zona dentro de la cual la medición realizada es pertinente para cualquier estación que funcione por encima de unos ciertos niveles de potencia radiada aparente (p.r.a) o de potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e).

La intensidad de señal prevista puede evaluarse considerando las estaciones que cuentan con licencia en la región y su perfil de emisión así como utilizando un software de simulación. El umbral puede estimarse considerando la sensibilidad del sistema (ruido de fondo) o por mediciones previas llevadas a cabo en condiciones similares con los mismos equipos y configuración.

Si no se dispone de información preliminar, puede efectuarse un estudio de los diversos emplazamientos posibles utilizando equipos portátiles. Ello es especialmente importante si la ubicación de los equipos es de carácter definitivo y no es fácil efectuar futuras reubicaciones.

Lo más conveniente es que los resultados de las mediciones vayan acompañados de un informe de los análisis realizados para seleccionar el emplazamiento, indicando la zona y los emisores que deben considerarse.

3.3 Parámetros relativos al tiempo

Existe una fuerte correlación entre el tiempo de observación, el número de canales, la longitud media de la transmisión y la duración de la comprobación técnica.

El *tiempo de revisitado* depende directamente del tiempo de observación y del número de canales. El *tiempo de tratamiento* (transferencia de datos entre el receptor y el controlador) también afecta al tiempo de revisitado, debiendo mantenerse lo más breve posible.

Tiempo de revisitado = (Tiempo de observación × Número de canales) + Tiempo de tratamiento

El *tiempo de observación por canal* depende de la velocidad de barrido del equipo de comprobación técnica. Para poder mantener un tiempo de revisitado razonablemente corto, con equipo relativamente lento, el número de canales medido debe ser reducido.

Siempre que se aplique la ecuación anterior a los analizadores de espectro, cuando la RBW se fija a un valor igual a la anchura de banda del canal, puede considerarse que el número de canales es el número de sectores¹ por barrido y el tiempo de observación como el tiempo de reposo por sector.

En los analizadores de transformada rápida de Fourier (FFT) sigue aplicándose este principio, especialmente si el número de canales a explorar es mayor que el tamaño de la FFT y aún se está realizando un barrido. Sin embargo, en este caso el número de canales explorados debe dividirse por el número de canales evaluados en cada FFT sencilla.

El sistema de comprobación técnica debe poder realizar barridos a una velocidad aceptable para detectar transmisiones cortas.

Existen fundamentalmente dos métodos distintos para obtener cifras sobre la ocupación de canal:

- a) Capturar todas las transmisiones en la banda observada. Este método exige un máximo tiempo de revisitado que es la mitad del mínimo tiempo de activación o desactivación de cualquier transmisión en la banda, tomando entre ambos valores el menor. Este método proporciona una precisión independiente del resultado de la ocupación y puede permitir una duración de la comprobación técnica más corta.
- b) Método estadístico: especialmente cuando se consideran ráfagas de sistemas digitales, el mínimo tiempo de transmisión puede ser demasiado pequeño para la aplicación práctica del principio anterior. No obstante, si el tiempo de comprobación técnica es suficientemente largo como para proporcionar suficiente número de muestras, el resultado de la ocupación será correcto incluso con tiempos de revisitado más largos porque la probabilidad estadística de captar una transmisión comparada con la probabilidad de perderla es la misma que el ciclo activo de la propia transmisión. Sin embargo, la precisión del método estadístico depende del valor de la ocupación como se describe a continuación.

La *duración de la comprobación técnica* es una combinación del tiempo de revisitado, de los valores típicos de las longitudes de la transmisión esperadas, del número de canales que deben explorarse y de la precisión deseada de los resultados.

La duración de la comprobación técnica debe ser lo suficientemente larga como para permitir comprobar todas las emisiones pertinentes. Si no se conoce ningún patrón de distribución temporal, las evaluaciones iniciales deben considerar al menos 24 horas o periodos múltiplos de 24 horas. Una semana de comprobación técnica proporciona la diferencia de ocupación en los distintos días de la semana y la ocupación durante el fin de semana. Siete periodos de 24 horas a lo largo de un periodo de tiempo mayor (por ejemplo, un año) proporciona una información de ocupación más fiable.

3.4 Precisión y nivel de confianza estadística

No existe relación lineal entre precisión y tiempo de revisitado. En el caso de medición de 100 canales con tiempo de revisitado de 1 s, que es un valor práctico, se puede aumentar el número de canales a 1 000, con un tiempo de revisitado de 10 canales sin afectar demasiado al nivel de confianza ni a la precisión.

Hay una relación lineal entre la ocupación y el número de muestras requerido para lograr el nivel de confianza deseado. Cuanto más baja sea la ocupación más muestras se necesitarán.

¹ Sectores («bins») en estadística se refiere a grupos (o categorías o clases) de datos que caen dentro de una gama de valores.

El Cuadro 1 compara el muestreo independiente que es el caso más sencillo utilizando el teorema central del límite y el muestreo dependiente utilizando una cadena de Markov de primer orden, que difieren poco con respecto a modelos matemáticos mucho más complicados.

En la Fig. 1 aparece el número de muestras independientes necesarias en función de la ocupación del espectro para una precisión relativa del 10% y un nivel de confianza del 95%.

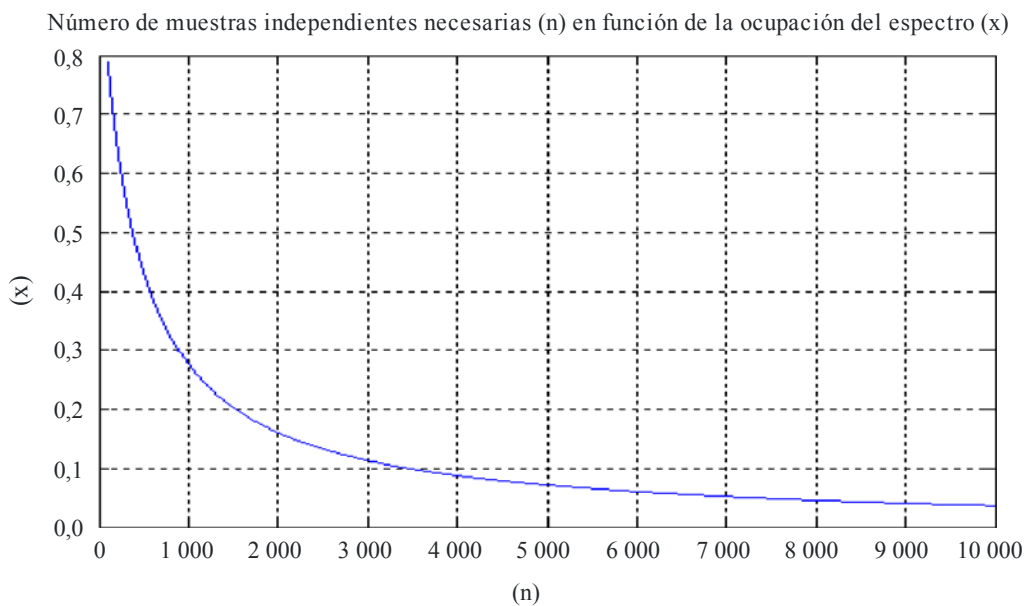
CUADRO 1

Número de muestras dependientes e independientes necesarias para conseguir 10% de precisión relativa y 95% de nivel de confianza en diversos porcentajes de ocupación (para un periodo de muestreo de 4 s)

Ocupación (%)	Cantidad necesaria de muestras independientes	Cantidad necesaria de muestras dependientes	Horas de muestreo necesarias
6,67	5 368	16 641	18,5
10	3 461	10 730	12
15	2 117	6 563	7,3
20	1 535	4 759	5,3
30	849	2 632	2,9
40	573	1 777	2,0
50	381	1 182	1,3
60	253	785	0,9
70	162	166	0,2

FIGURA 1

Número de muestras independientes necesarias en función de la ocupación del espectro para una precisión relativa del 10% y un nivel de confianza del 95%



3.5 Consideración sobre las mediciones de la ocupación

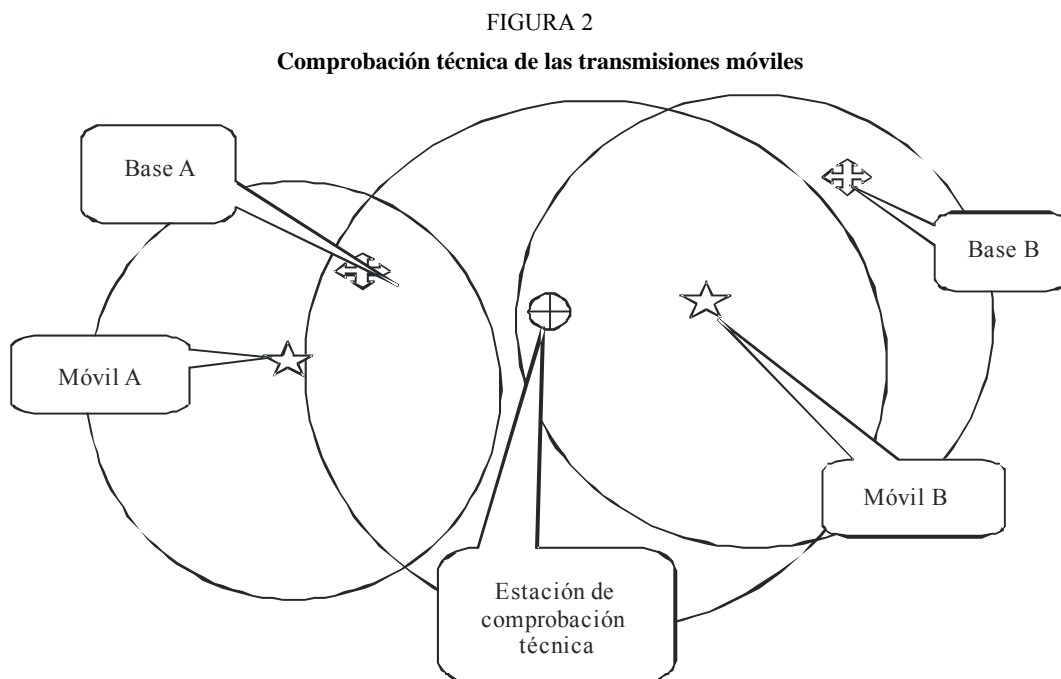
3.5.1 Identificación de la emisión

Un simple registro del nivel no permite discriminar entre emisiones deseadas y no deseadas o detectar la existencia de más de un usuario funcionando en una sola frecuencia dentro de la zona de cobertura del sistema de comprobación técnica. Todas las emisiones, si se encuentran por encima de un valor umbral escogido, se consideran normalmente canales ocupados.

Utilizando software moderno en tiempo real y software de postprocesamiento puede discriminarse entre los diferentes usuarios teniendo en cuenta informaciones tales como la intensidad de campo o la dirección de llegada al receptor, la información de código selectiva y las características de modulación.

3.5.2 Comprobación técnica de las transmisiones móviles

Puede que una unidad móvil deseada (Móvil A) se encuentre mucho más alejada del sitio de comprobación técnica que de la propia base del usuario (Base A). Como consecuencia, la intensidad de señal recibida puede ser menor que el valor umbral fijado para la comprobación técnica, aunque lo suficientemente fuerte como para ser utilizado en la base predestinada (véase la Fig. 2).



SM.1880-02

A la inversa, una unidad móvil de un usuario en canal común fuera de la zona (Móvil B), puede ser recibida en el sitio de la comprobación técnica pero no escuchada en la base principal de los usuarios.

Cualquiera de las situaciones anteriores puede dar lugar a resultados erróneos ya que puede que los resultados de la ocupación no sean representativos de toda la red móvil sino sólo de la región cubierta por la estación de comprobación técnica.

3.5.3 Propagación

Las condiciones de propagación deben ser también consideradas cuando se fijan los niveles umbral de los receptores, y la propagación deberá comprobarse técnicamente durante el periodo de medición.

3.6 Presentación y análisis de los datos recopilados

Los resultados pueden ser almacenados cada 5, 15, 30 ó 60 min, según se requiera. A partir de estos datos es posible generar presentaciones basadas en cuadros, gráficas textuales, gráficos de línea/barra y mapas. Una vez extraída la información deseada pueden descartarse estos datos muestreados en bruto.

El sistema de presentación debe, como mínimo, incluir el sitio de localización de la comprobación técnica, la fecha y periodo de comprobación, la frecuencia, el tipo de usuario(s), el nivel umbral utilizado, la ocupación en la hora cargada y el periodo de revisitado.

3.6.1 Ejemplo representativo de intensidad de campo utilizada para discriminar diferentes usuarios

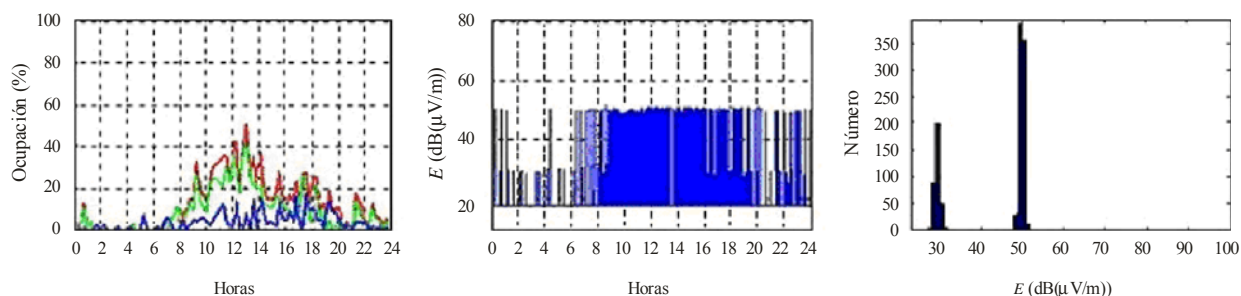
Si se registra la intensidad de campo, se puede extraer información adicional de la medición. El gráfico izquierdo de la Fig. 3 es un modo usual de presentar la ocupación con una resolución de 15 min, normalmente con sólo una curva. La curva roja de la izquierda representa la ocupación total generada por todos los usuarios en ese canal. La curva verde es la ocupación originada por la estación cuya señal se recibe con un valor de 49 dB(μ V/m) (véase el gráfico de la derecha), y la curva azul es la ocupación generada por el resto de usuarios; en este caso el segundo usuario cuya señal se recibe con un valor de unos 29 dB(μ V/m).

El gráfico del medio representa los niveles recibidos a lo largo del tiempo. Sólo se evalúan los niveles recibidos por encima del nivel umbral (en este caso: 20 dB(μ V/m)).

El gráfico de la derecha muestra la distribución estadística de los niveles de intensidad de campo recibida. En este ejemplo el valor 49 dB(μ V/m) se midió unas 380 veces en un periodo de 24 horas, 50 dB(μ V/m) unas 350 veces, etc.

FIGURA 3

Tratamiento mejorado de los datos sobre ocupación

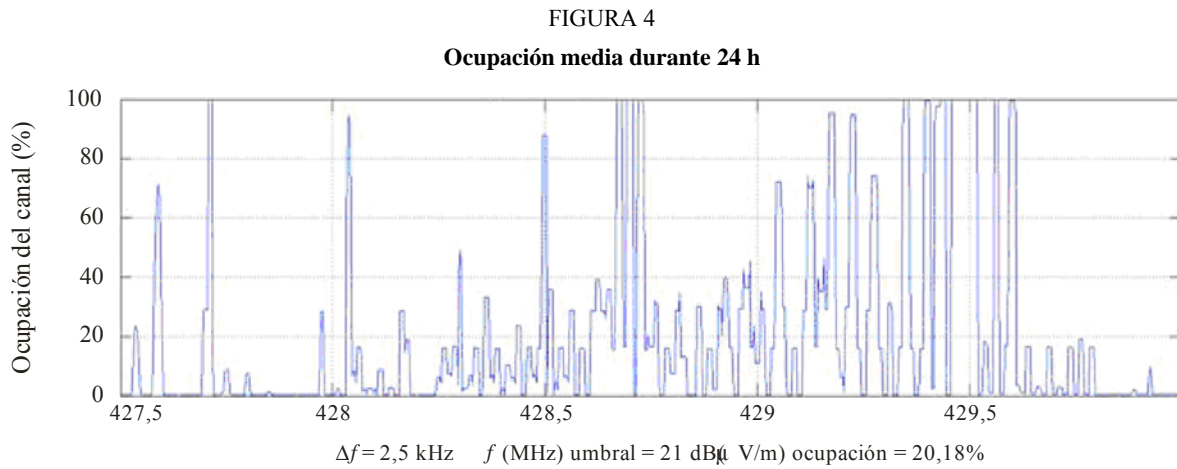


SM.1880-03

3.6.2 Representación de la ocupación de la banda de frecuencias por porcentajes

En lugar de presentar únicamente la ocupación de cada canal individual, también debe presentarse la ocupación de la banda de frecuencias medida completa.

En la Fig. 4 se muestra la ocupación media durante 24 h de cada paso de frecuencia.



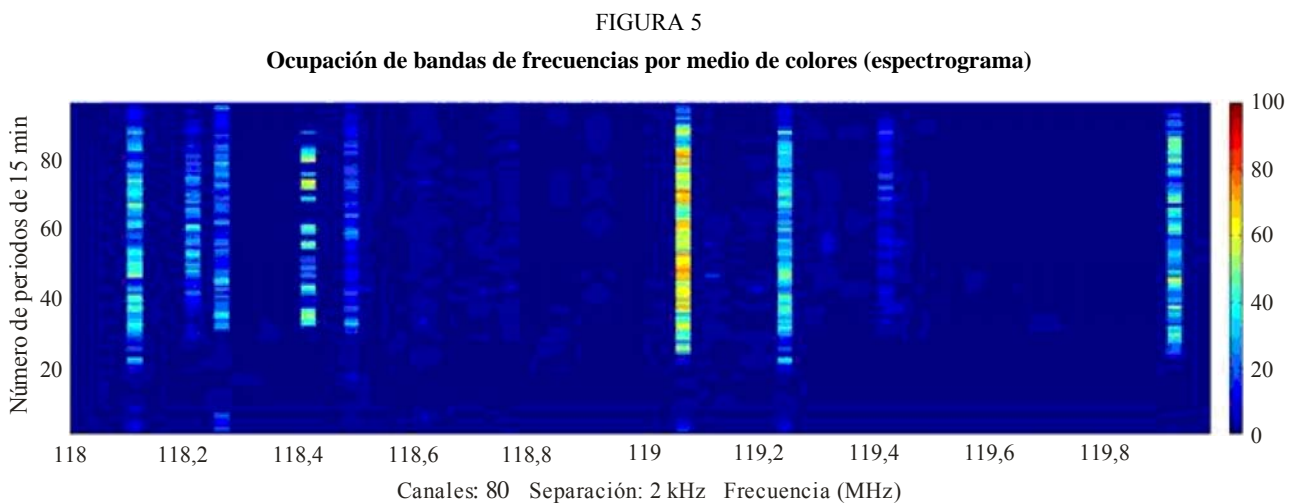
SM.1880-04

Como ejemplo, suponiendo que una banda de frecuencias puede explorarse en 1 000 pasos de 10 s, se dispone de 8 640 valores de intensidad de campo en cada paso durante un periodo de 24 horas. Si en este caso se rebasa 4 320 veces el nivel umbral en un canal/paso, la ocupación será del 50%. En el gráfico resultante, antes indicado, no queda información temporal y no hay indicación de cuándo se observó dicha ocupación del 50%. Esta limitación debe considerarse cuando se emplee este tipo de presentación.

3.6.3 Representación de la ocupación de bandas de frecuencias por medio de colores

Con objeto de lograr una visión de conjunto rápida, puede expresarse la ocupación presentando un color por canal y por resolución escogida en el tiempo (normalmente 15 min). En la Fig. 5 se proporciona un ejemplo.

En esta presentación la información temporal todavía está disponible (96 valores/24 h). La barra de colores representa la ocupación (y no la intensidad de campo). El eje Y izquierdo da el tiempo, no en horas sino en 96 periodos de 15 min.



SM.1880-05