

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2155
(09/2009)

**Medición del ruido artificial en la gama
de ondas decamétricas**

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 los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REP/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

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

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

INFORME UIT-R SM.2155

Medición del ruido artificial en la gama de ondas decamétricas

(2009)

1 Introducción y antecedentes

El ruido radioeléctrico procedente de fuentes diversas introduce un cierto nivel no deseado de radiofrecuencia de fondo a la entrada de todo receptor, que deben superar las señales deseadas para que éstas puedan recibirse. En la Recomendación UIT-R P.372 se define el término «ruido radioeléctrico», sus diferentes fuentes y los valores medios de cada una. Por debajo de 1 GHz, puede predominar el ruido de una o varias de las siguientes fuentes, dependiendo de la frecuencia:

- Ruido galáctico
- Ruido atmosférico debido al rayo
- Ruido artificial.

En la gama de frecuencias de las ondas decamétricas suele haber una combinación de ruido atmosférico y artificial, mientras que en la gama de ondas métricas/decimétricas predomina el ruido artificial.

La principal fuente de ruido atmosférico es el rayo. Sus valores promedios se conocen bien y es poco probable que varíen considerablemente en mucho tiempo. Sin embargo, el ruido artificial es la suma acumulativa de todas las emisiones no deseadas procedentes de diversos equipos eléctricos y electrónicos, con inclusión de las emisiones procedentes de los sistemas de telecomunicaciones alámbricos, tales como las líneas de tensión, las redes de área local, etc. El nivel de ruido artificial depende sobremanera de la densidad y la naturaleza de estas fuentes que emiten ruido, que además podría cambiar considerablemente en algunos años. En el presente Informe se muestra las formas de medir el ruido artificial en la práctica por debajo de 30 MHz.

Debido a la propagación, la densidad de ocupación de frecuencias y la carencia de antenas sin pérdidas en la práctica, la medición del ruido radioeléctrico por debajo de 30 MHz es mucho más difícil de realizar que a frecuencias más altas.

Una parte importante del ruido radioeléctrico es el ruido artificial procedente de emisiones no deseadas de dispositivos eléctricos y electrónicos. Estas emisiones se pueden clasificar del modo siguiente:

- *Ruido blanco gaussiano*: emisiones que presentan una distribución similar a la del ruido, en una anchura de banda que por lo general es mayor que la anchura de banda de medición.
- *Ruido impulsivo*: emisiones que aparecen sólo durante un cierto porcentaje del tiempo, y que suelen consistir en trenes de impulsos (ráfagas) de duración breve y limitada y que en ocasiones se repiten con un cierto periodo (frecuencia de repetición de impulsos, FRI).
- *Ruido procedente de una sola portadora (SCN)*: emisiones con una amplitud más o menos constante y una anchura de banda menor que la anchura de banda de medición.

En la Recomendación UIT-R P.372 se define el ruido artificial como la suma de múltiples emisiones procedentes de un número indeterminado de fuentes. Por lo general, el ruido SCN se recibe de una sola fuente y, por ende, queda excluido de la definición de ruido artificial. Al medir el ruido radioeléctrico es preciso seleccionar el lugar y la frecuencia de medición para asegurarse de que esta parte del ruido artificial no predomine en los resultados. Si bien la suma acumulativa de muchas fuentes que emiten SCN y ruido blanco gaussiano se adicionan rápidamente en el receptor para formar una señal similar al ruido blanco gaussiano, esto no es cierto en el caso de muchas fuentes de ruido impulsivo: Si se registra durante largo tiempo ruido artificial que contiene impulsos

procedentes de varios cientos de fuentes distintas, las características impulsivas siguen siendo perceptibles.

En la Recomendación UIT-R SM.1753 figuran directrices sobre la medición y evaluación de ruido radioeléctrico en todas las gamas de frecuencias. En el presente informe se describe con mayor detalle las mediciones de ruido, especialmente en la gama de ondas decamétricas, en particular la evaluación de ruido impulsivo y la separación entre el ruido artificial y el atmosférico. Este método corresponde al «Tipo C» de medición en la Recomendación UIT-R SM.1753. En el informe también se describe, a título de ejemplo, el sistema de medición de ruido artificial utilizado en Alemania y los resultados obtenidos con el mismo.

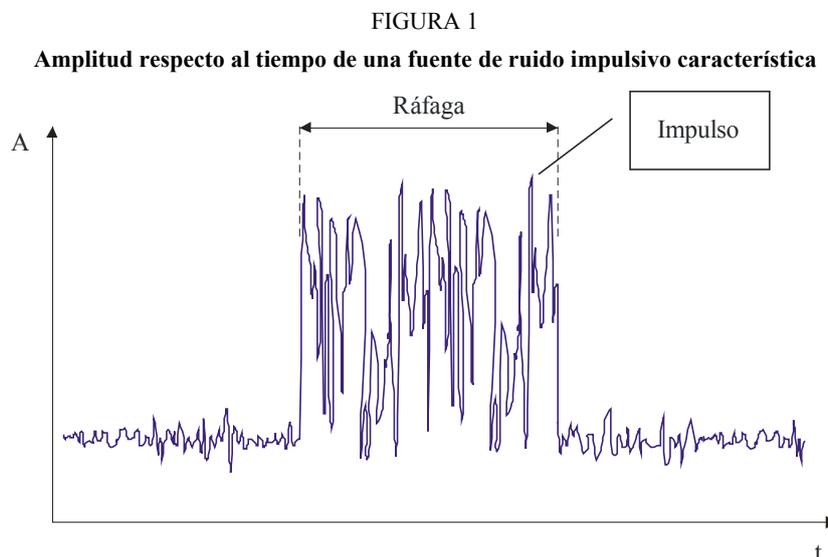
2 Parámetros característicos del ruido artificial

2.1 Ruido blanco gaussiano

En el caso del ruido blanco gaussiano basta con medir el valor eficaz (rms) del ruido artificial, integrado a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente largo (por ejemplo, 1 s). Para ello, normalmente se aplica el detector RMS al receptor de medición, se registran los resultados y luego se promedian a lo largo del intervalo de tiempo deseado (por ejemplo, 1 h).

2.2 Ruido impulsivo

La curva que representa la amplitud de las fuentes de ruido impulsivo respecto al tiempo no suele ser rectangular, sino que estas fuentes emiten una serie de impulsos muy breves que pueden considerarse ráfagas (véase la Fig. 1).



Informe SM.2155-01

Los parámetros que revisten especial interés para caracterizar el ruido impulsivo y la posible interferencia que pueden causar a los receptores de radiocomunicaciones, son los siguientes:

- Nivel del impulso o la ráfaga
- Longitud del impulso o la ráfaga
- Periodo de repetición del impulsos o ráfagas
- Porcentaje del tiempo total del impulso o la ráfaga.

La mayoría de los parámetros antes mencionados no pueden medirse directamente. En su lugar, el equipo de medición tiene que tomar muestras a muy alta velocidad que no están ponderadas mediante un detector «de muestreo de datos en bruto». Los parámetros del ruido impulsivo y su distribución estadística se obtienen luego en el proceso de evaluación.

3 Problemas y soluciones

Los problemas que aparecen especialmente en la gama de frecuencias de las ondas decamétricas y sus correspondientes soluciones son los siguientes:

- a) Para medir el ruido no puede encontrarse una sola frecuencia que esté libre de emisiones deseadas o indeseadas durante todo el tiempo de medición (normalmente 24 h) debido a la elevada densidad de ocupación del espectro de ondas decamétricas y la recepción de emisiones lejanas.

Solución: el sistema de medición tiene que seleccionar y modificar automáticamente la frecuencia de medición. Justo antes de efectuar la medición real se barre la gama de frecuencias deseada y luego se utiliza la frecuencia de menor nivel para realizar la medición.

- b) El ruido atmosférico, como el producido por el rayo y algunas emisiones deseadas que se reciben por propagación de ondas celestes, pueden tener características idénticas a las del ruido artificial y son difíciles de identificar. Ahora bien, si se desea medir únicamente el ruido artificial, es preciso separar el ruido atmosférico del artificial causado por fuentes locales.

Solución: las mediciones del ruido artificial se toman simultáneamente en dos lugares distintos (el lugar de medición y el de referencia). La distancia entre los dos varía entre 0,5 km y 10 km. El equipo se sincroniza con exactitud. Se parte del supuesto de que las formas de onda características que se detectan en ambos lugares proceden de la onda celeste y se suprimen del ruido artificial obtenido mediante un proceso de correlación.

- c) Debido a la propagación, las emisiones producen niveles de señal en recepción de 100 dB mayores que el nivel de ruido artificial, especialmente las emisiones de los transmisores de radiodifusión. Esto sobrecargará el equipo de medición sensible y producirá falsos resultados.

Solución: Se utilizan filtros pasabanda antes de la primera etapa de amplificación del equipo de medición. Se suprimen especialmente las bandas de radiodifusión con una atenuación mínima de 20 dB respecto a la gama de medición deseada. Esto significa que no pueden emplearse antenas activas con preamplificador integrado, ya que al estar situado delante del filtro el preamplificador se vería siempre sometido a sobrecargas.

- d) Debido a la propagación, el nivel de ruido gaussiano blanco en cada gama de frecuencias dependerá de la hora del día. Por consiguiente, no basta con promediar los resultados de dicho ruido obtenidos a lo largo de todo un día y especificar un solo factor de ruido.

Solución: La medición se realiza durante 24 h. Los resultados se promedian a lo largo de una hora únicamente, por lo que se obtienen 24 valores del ruido blanco gaussiano por cada medición.

- e) Debido a las largas longitudes de onda por debajo de 30 MHz, no es posible recurrir a un dipolo sintonizado en el espacio libre o cualquier otra antena sin pérdidas como se supone en la Recomendación UIT-R P.372. En la práctica la antena de medición no podrá transferir toda la energía disponible desde el campo al receptor.

Solución: Se determina el factor medio de la antena y se utiliza para corregir los valores medidos antes de calcular la factor de ruido externa.

4 Equipo de medición y configuración

Para medir el ruido artificial en la gama de frecuencias por debajo de 30 MHz, incluido el ruido impulsivo, se necesita el siguiente equipo.

CUADRO 1

Equipo de medición básico y requisitos

Parte del equipo	Requisitos importantes; observaciones
Antena de ondas decamétricas	Diagrama horizontal: ND Ejemplo: monopolo corto en el suelo con radiales integrados Factor de antena a 5 MHz: ≤ 35 dB ⁽¹⁾ Factor de antena entre 12 y 30 MHz: ≤ 20 dB Cable de alimentación con ferritas integradas para suprimir las ondas en la cubierta
Filtro pasabanda de ondas decamétricas para suprimir las bandas de radiodifusión	Supresión ≥ 20 dB entre 9-5 000 kHz, 5 600-12 000 kHz, 13 600-19 000 kHz, 21 500-30 000 kHz Atenuación en la banda pasante ≤ 4 dB
Amplificador de bajo ruido	Gama mínima de frecuencias: 3-30 MHz Ganancia: ≥ 15 dB Factor de ruido inferior a 10 MHz: ≤ 6 dB Factor de ruido superior a 10 MHz: ≤ 3 dB
Receptor de medición	Analizador FFT o analizador de barrido Velocidad de muestreo: ≥ 20 kHz ⁽²⁾ Tiempo de adquisición/barrido: ≥ 1 s ⁽³⁾ Interfaz para la transferencia de datos en tiempo real al computador Anchura de banda de resolución: 10 kHz ⁽²⁾
Computador con software de control	Configura y controla el receptor de medición Almacena datos Sincroniza el equipo ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ El factor de antena es el factor de conversión que se aplica al convertir la tensión de la antena en intensidad de campo.

Se suele expresar en dB y se utiliza del modo siguiente:

$$E = U + AF$$

siendo:

E : Intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m))

U : Tensión de salida de la antena (dB(μ V))

AF : Factor de antena (dB).

Obsérvese que en el caso de antenas directivas tiene que utilizarse exclusivamente un factor de antena promedio, integrado para todos los posibles acimuts y ángulos de elevación. Cuando las fuentes de ruido están distribuidas uniformemente, la potencia de ruido recibida por una antena directiva de medición y por una antena isotrópica teórica son idénticas. En este contexto, el factor de antena promedio se obtiene aplicando una corrección adecuada a la ganancia de la antena en la dirección específica.

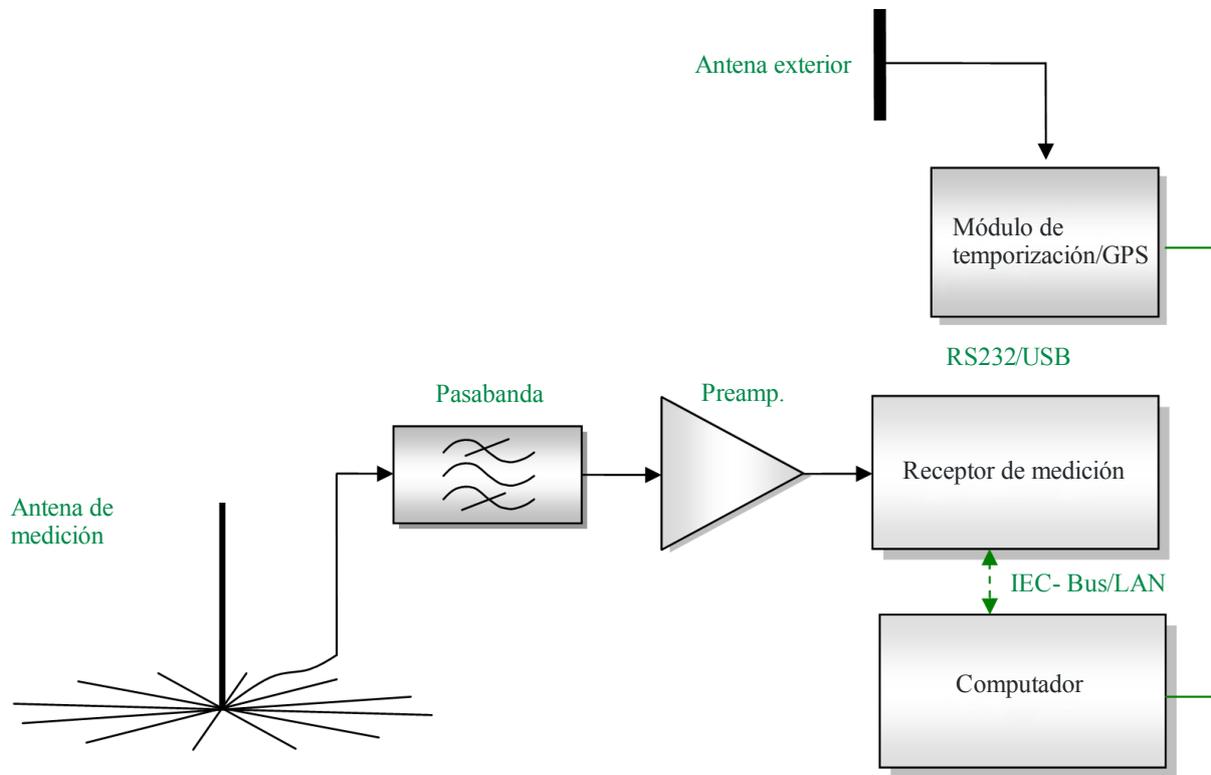
⁽²⁾ La anchura de banda de medición se ajusta a la del sistema de radiodifusión por debajo de 30 MHz y su separación de canales, que es DRM con una separación de canales de 10 kHz y una anchura de banda máxima de 20 kHz. Al utilizar una mayor anchura de banda de resolución se reduce la probabilidad de encontrar una frecuencia libre para la medición. El impulso más corto que puede adquirirse completamente con una anchura de banda de resolución de 10 kHz es $2/20$ kHz = 100 μ s. Para adquirir un determinado impulso, la velocidad de muestreo tiene que ser como mínimo el doble de la anchura de banda de resolución.

⁽³⁾ Un tiempo de adquisición o de barrido de 1 s permite detectar frecuencias de repetición de impulsos/ráfagas de hasta 2 Hz. Las emisiones periódicas con menor frecuencia de repetición se supone que son más lentas que la velocidad máxima de trama de cualquier transmisión digital. Por consiguiente, el efecto de perturbación de estas señales será similar al de un solo impulso.

⁽⁴⁾ Para sincronizar el equipo entre el lugar de medición y el de referencia puede recurrirse a, por ejemplo, un dispositivo externo como el DCF77 o módulos GPS.

Para efectuar la medición se utiliza la siguiente configuración:

FIGURA 2
Configuración básica de medición



Informe SM.2155-02

5 Procedimiento de medición

Según se indicó en los párrafos precedentes, el sistema tiene que encontrar una frecuencia libre adecuada antes de cada adquisición de datos. Para ello puede efectuarse una «pasada preliminar» que efectúa un barrido de toda la gama de la banda pasante del filtro, preferiblemente con la misma anchura de banda de medición que se utilizará en la medición real y en el detector RMS. La frecuencia con menor nivel de ruido es la más adecuada para medir el ruido blanco gaussiano y el ruido impulsivo siguiendo el procedimiento que se describe a continuación.

El nivel del ruido blanco gaussiano se mide en una segunda pasada con un detector RMS, de pequeña anchura de banda de resolución (por ejemplo, 100 Hz), un intervalo cero o pequeño (por ejemplo, 100 kHz) y un tiempo de integración de al menos 1 s.

El nivel de ruido impulsivo se mide utilizando una tercera pasada con un detector de muestreo, un intervalo igual a cero y una anchura de banda de resolución de 10 kHz durante un tiempo de adquisición de 1 s o más. Durante cada segundo se tienen que tomar y guardar 10 000 muestras como mínimo.

Basta con repetir estas mediciones cada 5 minutos en cada una de las gamas de frecuencias.

Al efectuar la sincronización es necesario garantizar que en la tercera pasada las mediciones se toman exactamente al mismo tiempo en el lugar de referencia y en el de medición, con una diferencia máxima de unos 100 ms. De este modo se consigue una superposición de tiempo suficiente (90%) en la adquisición del ruido impulsivo desde los dos lugares.

Para caracterizar el ruido artificial, se recomienda medir al menos en 3 gamas de frecuencias diferentes, distribuidas equitativamente a lo largo de la gama de ondas decamétricas entre 3 y 30 MHz. Deben evitarse las bandas de radiodifusión, dado que están muy ocupadas por los transmisores de alta potencia, que generan niveles muy altos de señal recibida. Es preferible utilizar las bandas móviles que se caracterizan por una ocupación breve (por ejemplo, 4-5, 12-13 y 19-20 MHz).

6 Análisis de los resultados

6.1 Ruido blanco gaussiano

En la Recomendación UIT-R P.372 se propone presentar los resultados del ruido blanco gaussiano como un factor de ruido externo, F_a , que puede calcularse a partir del nivel de ruido que recibiría una antena isotrópica equivalente sin pérdidas, normalizado a una anchura de banda de 1 Hz y representado en dB por encima del ruido térmico (kTB , normalmente -174 dBm/Hz).

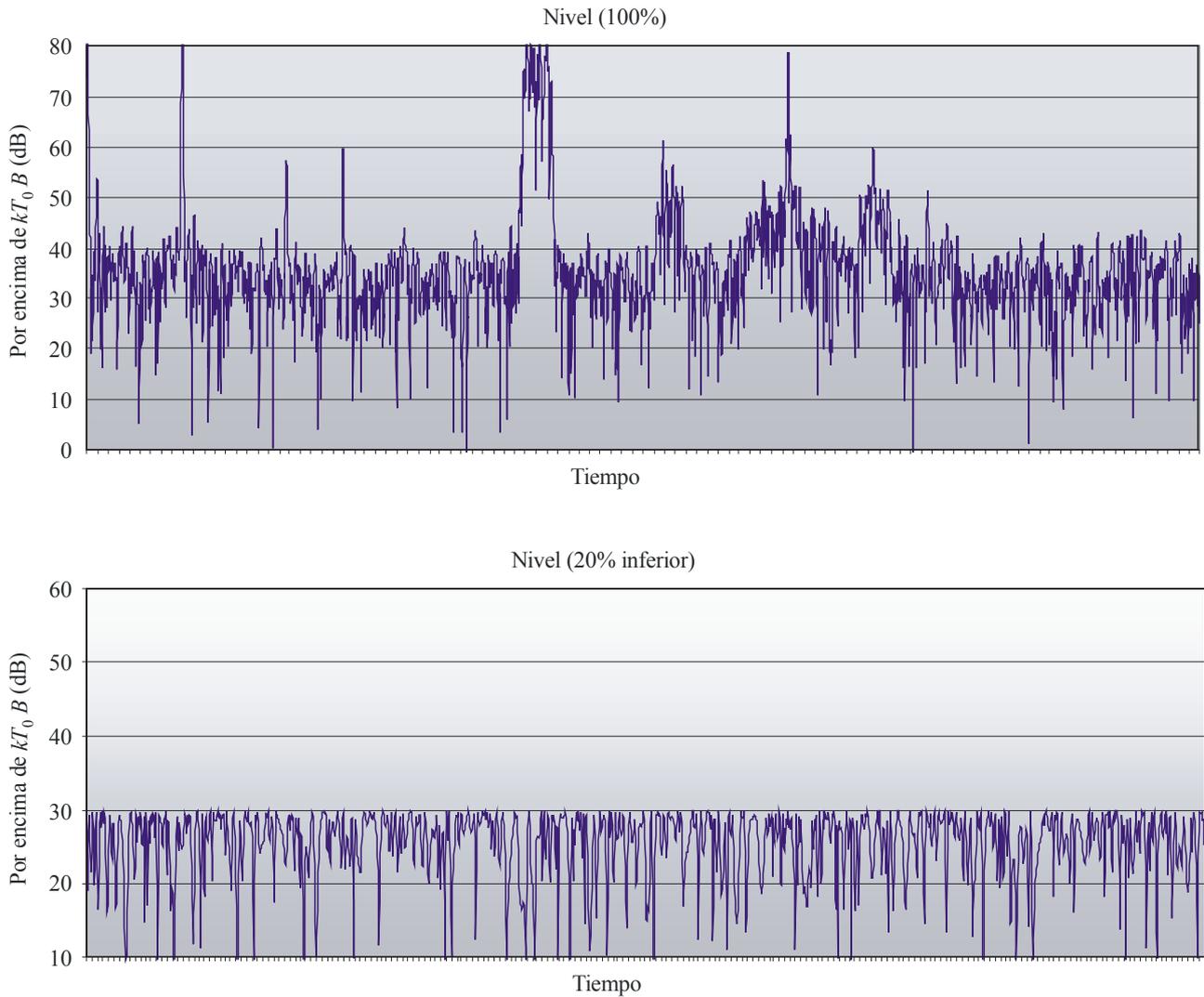
Ejemplo: Un nivel de ruido artificial (corregido) de -120 dBm medido en una anchura de banda de resolución de 100 Hz, correspondería a -140 dBm en una anchura de banda de resolución de 1 Hz que está 34 dB por encima de kTB .

Si, como sucede en muchos casos, no puede suponerse que la antena no tenga pérdidas, se habrá de aplicar un coeficiente de corrección, como se describe en detalle en la Recomendación UIT-R SM.1753.

Cuando no pueda suponerse que toda la gama de medición está libre de emisiones deseadas, el nivel de ruido blanco gaussiano tiene que determinarse para todas las muestras RMS utilizando el método del 20% descrito en la Recomendación UIT-R SM.1753: De todos los valores medidos el 80% de las muestras que representan los niveles más altos se truncan, lo que deja sólo el 20% de las muestras que representan los niveles inferiores (véase la Fig. 3). De este modo se eliminarán de los resultados las emisiones deseadas. Los valores restantes se promedian linealmente. Ahora bien, al suprimir el 80% de todas las muestras tomadas, también se suprimen algunos niveles superiores del ruido blanco gaussiano. Por consiguiente, es necesario corregir los resultados promediados, para lo cual se aplica un ruido blanco gaussiano puro al sistema de medición (por ejemplo, procedente de una fuente de ruido) y se toman muestras durante cierto tiempo con la misma configuración utilizada para medir el ruido artificial real. La corrección consistirá en la diferencia entre el promedio lineal de todas las muestras (el 100%) y del 20% de las muestras inferiores de la medición realizada con la fuente de ruido.

NOTA 1 – Este método permite eliminar también el ruido atmosférico impulsivo que pudiera haber en el resultado de la F_a , por ejemplo el producido por el rayo, con lo que se obtiene un valor aceptable del ruido artificial únicamente.

FIGURA 3
Nivel respecto al tiempo de una adquisición



Informe SM.2155-03

Ejemplo: el ruido artificial que contiene algunas emisiones deseadas se mide con una anchura de banda de resolución (RBW) de 100 Hz. El promedio de todas las muestras, corregido para la antena empleada es -100 dBm. El promedio del 20% inferior de todas las muestras es -120 dBm. Al medir el ruido blanco gaussiano real procedente de una fuente de ruido se obtiene un promedio de -60 dBm para todas las muestras y un promedio de -70 dBm para el 20% de los valores más pequeños. La corrección aplicada es 10 dB que se ha de sumar al factor del 20% procedente de la medición del ruido artificial real (-120 dBm). Así pues, el nivel corregido de ruido blanco gaussiano es -110 dBm, medido en una anchura de banda de resolución de 100 Hz. Si la anchura de banda de resolución se reduce a 1 Hz se obtiene -130 dBm. Suponiendo un nivel de ruido térmico de -174 dBm/Hz, el resultado final del ruido blanco gaussiano será 44 dB por encima de kTB .

6.2 Ruido impulsivo

A diferencia del ruido blanco gaussiano, el nivel del ruido impulsivo medido no varía linealmente con la anchura de banda. Esto se debe a que la anchura de banda de los impulsos cortísimos debe considerarse más ancha que la anchura de banda de medición, lo que produce una reducción del nivel medido. Para obtener un resultado independiente de la anchura de banda, los valores medidos se representan mediante la densidad de nivel y se expresan en (dB(μ V/MHz)). Para obtener la representación del resultado final del ruido impulsivo, se necesario seguir los siguientes cuatro pasos:

- a) separación de las muestras del ruido impulsivo de las correspondientes al ruido blanco gaussiano;
- b) detección de ráfagas;
- c) comparación entre el lugar de medición y la de referencia (medición de tipo 3 únicamente);
- d) cálculo del nivel/densidad, la longitud, el periodo de repetición y la duración total de la ráfaga.

6.2.1 Separación del ruido impulsivo y el ruido blanco gaussiano

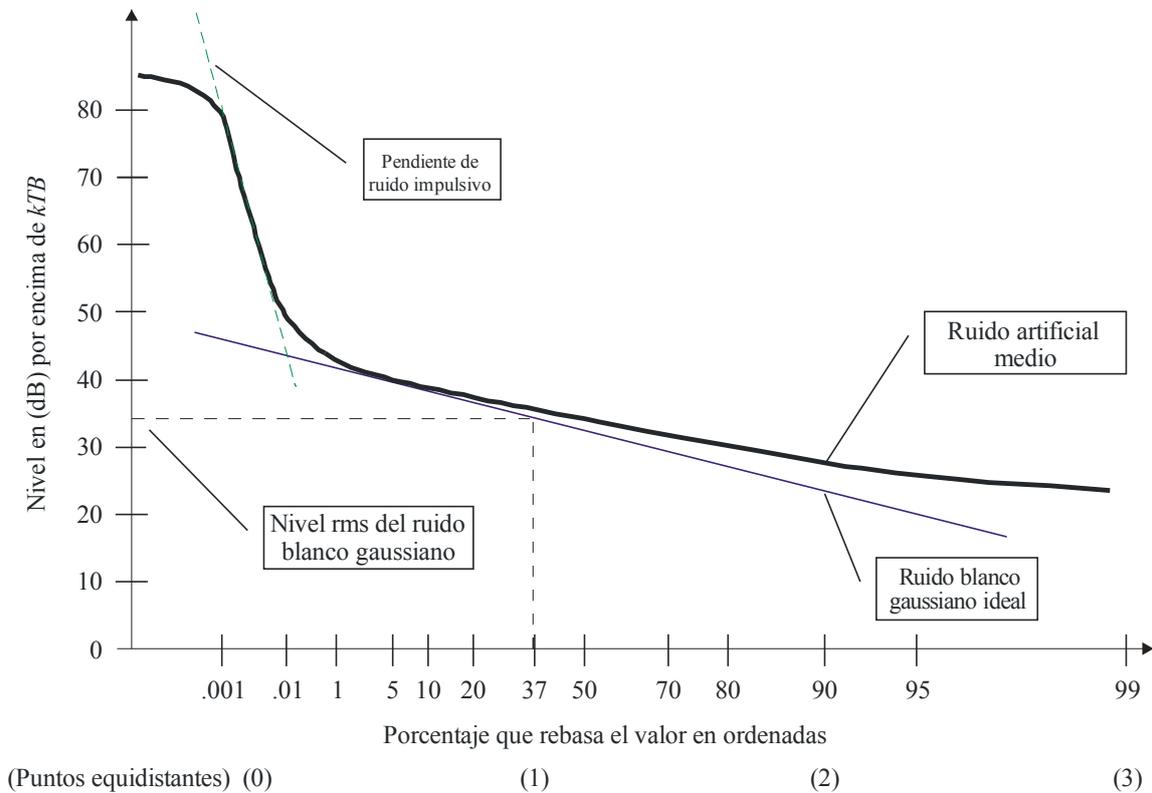
Separar las muestras de ruido impulsivo de las correspondientes al ruido blanco gaussiano es necesario por las siguientes razones:

- Los impulsos sólo están presentes durante un porcentaje del tiempo muy pequeño. Si no se separan las muestras del ruido impulsivo y las del ruido blanco gaussiano, predominará en los resultados este último, que siempre está presente, y no se podrán ver las características de los pocos impulsos.
- En rigor, el ruido blanco gaussiano puede considerarse como una serie de impulsos muy breves, pero al presentar las estadísticas del ruido impulsivo deben figurar exclusivamente las crestas originados por las fuentes de ruido impulsivo.

A falta de un método teórico basado en cálculos matemáticos, para separar las muestras de ruido impulsivo de las del ruido blanco gaussiano se propone establecer un umbral lo suficientemente alto para suprimir todas (o prácticamente todas) las crestas del ruido blanco gaussiano. Todas las muestras que rebasen en umbral se considerarán ruido impulsivo. Un valor útil en la práctica para el umbral es el factor CREST (diferencia entre el nivel de potencia de cresta y el medio) del ruido blanco gaussiano que es 13 dB (un valor que también se utiliza en la práctica para pasar del detector de cresta al de RMS). Por consiguiente, es preciso determinar el nivel de potencia medio (RMS) de las muestras de ruido blanco gaussiano en cada adquisición. Los valores del nivel de ruido impulsivo se han tomado con un detector de muestras. Como hemos utilizado un muestreo de datos rápido, el nivel de ruido blanco gaussiano puede calcularse mediante el método DPA (distribución de probabilidad de amplitud).

En primer lugar, todas las muestras se colocan en orden ascendente. Para cada nivel medido de la lista, se cuenta el número de muestras que rebasan en nivel. A continuación se representa un gráfico del número de muestras que rebasan un determinado nivel respecto a dicho nivel (véase la Fig. 4). Este gráfico se denomina distribución de probabilidad de amplitud (DPA).

FIGURA 4
Distribución de probabilidad de amplitud (DPA) característica



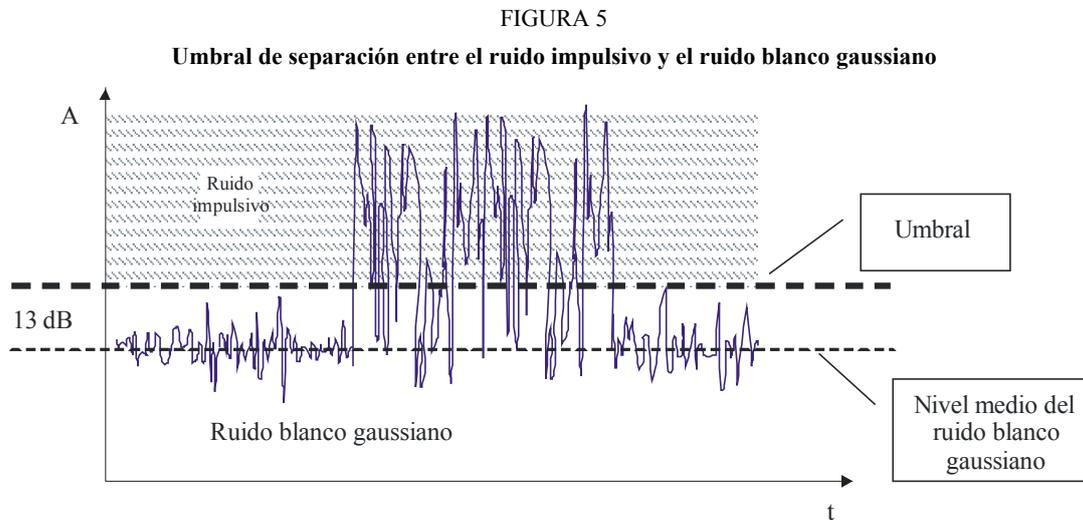
Informe SM.2155-04

La parte central de la DPA caracteriza el ruido blanco gaussiano. Puede demostrarse matemáticamente lo siguiente (la demostración queda fuera del alcance del presente Informe):

- La DPA del ruido blanco gaussiano puro es una línea recta con una pendiente de 1/10 cuando en el eje x se utiliza la escala Rayleigh.
- El valor numérico de la pendiente de la línea de ruido blanco gaussiano 1/10 se aplica al equivalente lineal de la escala Rayleigh. Ejemplos de puntos equidistantes en el eje x son: 0,0045%, 36,5%, 90,5% y 99% que corresponden a los valores lineales de 0, 1, 2 y 3 (véase la parte inferior de la Fig. 4). Estos valores pueden utilizarse para trazar la línea de ruido blanco gaussiano en el gráfico de la DPA: el nivel aumenta en 10 dB de 99% a 90,5%, de 90,5% a 36,8% y de 36,8% a 0,0045%.
- El valor RMS del ruido blanco gaussiano es el nivel en que la línea corta el punto de probabilidad del 37%.

Si, como sucede en muchos casos, los resultados de la medición contienen ruido impulsivo y ruido de una sola portadora, la DPA pasa de ser una línea recta a la curva característica que se muestra en Fig. 4. Otra forma más precisa de determinar el nivel RMS de la parte correspondiente al ruido blanco gaussiano es desplazar de abajo a arriba la línea recta con la pendiente del ruido blanco gaussiano puro hasta que toque la curva de DPA medida. El valor eficaz (rms) del ruido blanco gaussiano es el correspondiente al nivel en que esta línea corta el punto de probabilidad del 37% (línea discontinua).

El umbral de separación del ruido impulsivo del ruido blanco gaussiano es este valor eficaz más 13 dB (véase la Fig. 5).



Informe SM.2155-05

El análisis que se describe a continuación se aplica exclusivamente a las muestras medidas que rebasan el umbral.

El principal inconveniente de este método de separación comparado con los métodos matemáticos puros es que se pierde cierta sensibilidad: un impulso sólo puede detectarse si su nivel es al menos 13 dB mayor que el nivel medio del ruido blanco gaussiano. Los impulsos más débiles se pierden. No obstante, este inconveniente resulta aceptable por las razones siguientes:

- Los sistemas modernos de radiocomunicaciones digitales son relativamente inmunes a la interferencia causada por el ruido impulsivo. Su nivel tiene que ser muy fuerte para impedir la recepción.
- El nivel de ruido blanco gaussiano del ruido artificial también se indica en un factor de ruido separado. Todo sistema de radiocomunicaciones debe ser capaz de funcionar correctamente con este nivel constante de ruido artificial. Este ruido incluye las «crestas» breves en el ruido blanco gaussiano de hasta 13 dB por encima del promedio.

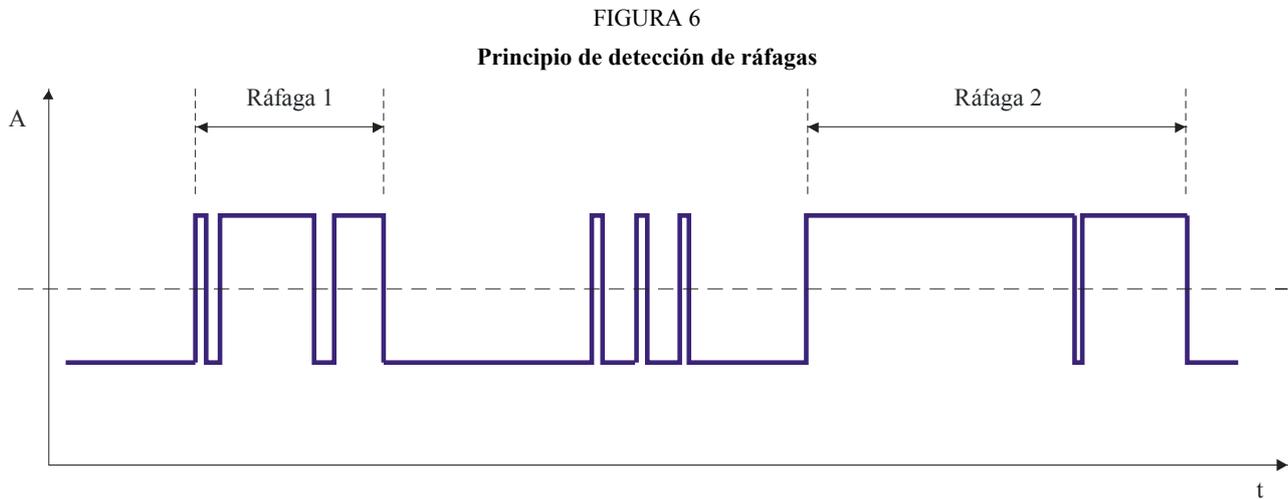
6.2.2 Detección de ráfagas

En muchos casos es la energía media de radiofrecuencia perturbadora la que causa interferencia a los receptores de radiocomunicaciones. Cuando una fuente de ruido emite una serie de impulsos muy breves con una anchura de banda de radiofrecuencia elevada, el receptor la integra a lo largo de la duración de ráfaga. Parece lógico proceder del igual modo cuando se evalúa el ruido impulsivo y la interferencia potencial que causa a los sistemas de radiocomunicaciones.

Por consiguiente, el método propuesto consiste en combinar las muestras del ruido impulsivo breve con las ráfagas de manera que cada ráfaga resultante para una misma adquisición cumpla las siguientes condiciones:

- a) Al menos el 50% de todas las muestras de una ráfaga deben rebasar el umbral.
- b) Ninguna muestra debe rebasar el umbral dentro primer del 25% de la duración total de la ráfaga ni dentro del 25% del tiempo después del final de la ráfaga.

La primera condición garantiza que la mayoría de las muestras de una ráfaga quedan por encima del umbral, mientras que la segunda establece una «separación» alrededor de cada ráfaga de una duración igual a la mitad de la misma, dividida a partes iguales a cada lado de la ráfaga. En la siguiente figura se dan algunos ejemplos de impulsos rectangulares simplificados.

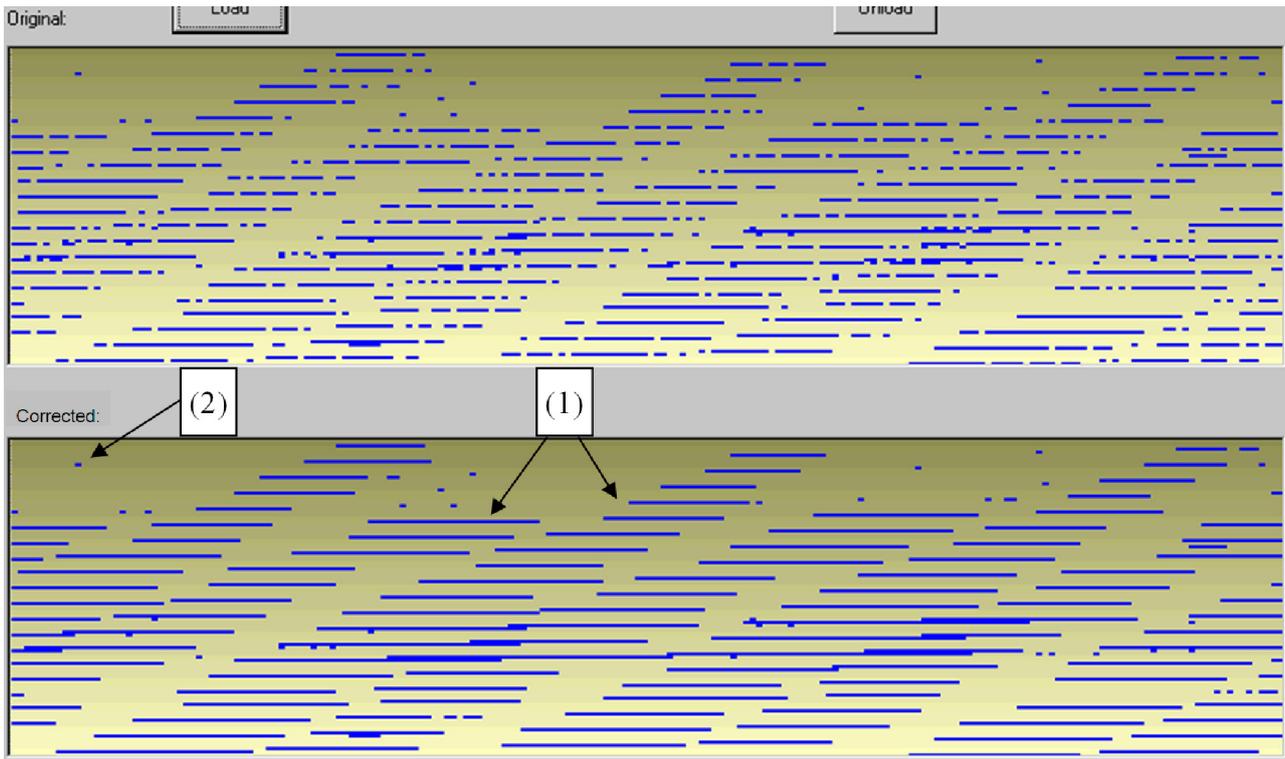


Informe SM.2155-06

Los tres primeros impulsos pueden fusionarse en una sola ráfaga, como también la tercera serie constituida por los dos últimos. La serie de impulsos en el medio no puede fusionarse porque la ráfaga resultante tendría menos del 50% de las muestras por encima del umbral. Por la misma razón la primera ráfaga no podría abarcar los tres impulsos breves que figuran en el medio. Éstos tampoco podrían incluirse en la segunda ráfaga porque la ráfaga 2 más larga resultante no tendría una separación suficiente respecto de la ráfaga 1. Así pues, permanecerán como impulsos separados.

En la Fig. 7 se muestra el resultado de la detección de ráfagas aplicada a una adquisición real para medir el ruido artificial.

FIGURA 7
Ejemplo práctico de detección de ráfagas



Informe SM.2155-07

En la Fig. 7 se muestra el nivel respecto al tiempo de todo un bloque de adquisición de longitud 1 s. Para obtener una resolución suficiente, el nivel se traza en varias líneas que se colocan una sobre otra, de manera similar a como se muestra en pantalla las líneas del haz de electrones de un aparato de TV analógico. Los puntos azules indican los niveles que rebasan el umbral. En la ventana de arriba se muestran los datos originales, y en la de abajo los resultados del proceso de detección de ráfagas. La fuente de ruido principal, que consiste en un dispositivo que emite ráfagas de cierta longitud a una frecuencia de repetición constante, puede distinguirse claramente (1). Además, con la resolución de tiempo máxima pueden verse algunos impulsos breves adicionales (2).

6.2.3 Cálculo de los parámetros del ruido impulsivo

El procedimiento para determinar el nivel, la duración y el periodo de repetición descritos se aplica a cada ráfaga constituida con arreglo al § 6.2.2 y a cada impulso restante que no forma parte de una ráfaga. Para simplificar, en el texto que figura a continuación se emplea el término «ráfaga» en ambos casos.

El nivel de la ráfaga es el promedio lineal de todas las muestras desde el principio hasta el final de la ráfaga, con independencia de si están por encima o por debajo del umbral. Este método permite obtener el nivel de radiofrecuencia integrado medio (RMS) que está presente durante toda la ráfaga, ya que este valor determina el efecto de interferencia que se causa a los receptores de radiocomunicaciones.

Como se mencionó en los párrafos precedentes, el nivel de ráfaga medido no guarda una proporción lineal con la anchura de banda. Por consiguiente, resulta conveniente expresarlo como una densidad en lugar de un nivel absoluto. La unidad recomendada es (dB(XXX)). Este valor puede obtenerse a partir de los resultados medidos utilizando la siguiente expresión:

$$Wg = U + 20 * \log(1 \text{ MHz}/Bw)$$

siendo:

W_g : la densidad espectral (dB(μ V/MHz))

U : la tensión medida a la entrada del receptor (dB(μ V))

B_w : la anchura de banda de medición (MHz).

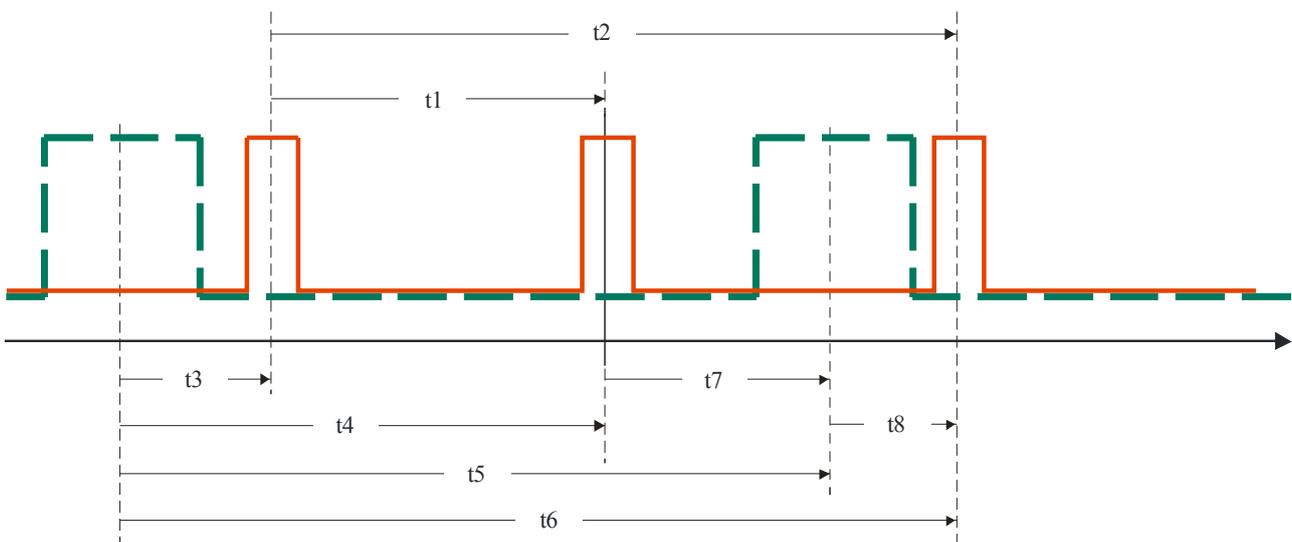
Otro parámetro relacionado con el nivel de ráfaga es la función con la que el nivel aumenta hacia las ráfagas medidas más altas. Esta función puede describirse con el ángulo o la pendiente de la curva del ruido impulsivo en la parte izquierda del gráfico de la DPA (véase la Fig. 4). La pendiente del impulso es la pendiente de la línea auxiliar ajustada a la parte más empinada de la «joroba» en la DPA, y se calcula respecto al eje x lineal como la pendiente de la línea del ruido blanco gaussiano (véase la Fig. 4). Los valores de la pendiente del ruido impulsivo obtenidos en todos los barridos se promedian a lo largo del tiempo de medición.

La duración de la ráfaga es la diferencia de tiempo entre la primera y la última muestra de una ráfaga que rebasa el umbral.

La frecuencia de repetición de ráfagas es la inversa de la diferencia de tiempo entre el centro (o la mitad) de las muestras entre dos impulsos en una adquisición/barrido. El resultado será un histograma de la diferencia en los tiempos de llegada. En caso de que se registren múltiples ráfagas en una adquisición, se ha de determinar el tiempo para cada posible combinación, lo que resulta en múltiples frecuencias de repetición (véase la Fig. 8)

FIGURA 8

Principio para determinar el periodo de repetición de ráfagas



Informe SM.2155-08

En la Fig. 8 se muestran las señales procedentes de dos fuentes que emiten trenes de impulsos con una cierta frecuencia de repetición. La señal roja (continua) corresponde a los tiempos de repetición t_1 y t_2 . La razón por la que se indican tomar dos tiempos de repetición al presentar el resultado es que éste es justamente el comportamiento característico del servicio de radiocomunicaciones digitales, que sólo es sensible al ruido impulsivo de cierta frecuencia de repetición de impulsos, la cual suele corresponder a la velocidad de trama. Cuando la duración de la trama sea t_2 , el sistema queda perturbado porque siempre se interfiere a los mismos bits dentro de una trama. Cuando esto sucede, este tiempo (t_2) tiene que mostrarse al presentar los resultados del ruido impulsivo (véase la Fig. 31).

La línea verde (discontinua) en la Fig. 8 representa la señal de una segunda fuente cuya frecuencia de repetición es diferente. Al calcular todas las combinaciones se obtiene 8 tiempos de repetición distintos para esta adquisición.

La duración total de la ráfaga guarda cierta relación con el número de impulsos o ráfagas que se producen a lo largo de todo el día. Esta duración se calcula dividiendo el número total de muestras tomadas que pertenecen a las ráfagas (incluidas las muestras que están por debajo del umbral) por el número total de muestras en todo el registro.

6.2.4 Comparación entre el lugar de medición y el de referencia

Como se mencionó más arriba, algunos tipos de ruido atmosférico como el producido por el rayo que se recibe por propagación de ondas celestes, puede eliminarse hasta cierto punto de las muestras de ruido artificial. Se trata de impulsos y las ráfagas que se reciben simultáneamente ambos lugares. En cambio, el ruido artificial procedente de fuentes locales no se recibirá en otro lugar situado a muchos kilómetros de distancia.

Las condiciones de propagación y recepción pueden ser diferentes en el lugar de medición y en el de referencia. Para identificar una señal recibida en los dos lugares no basta con evaluar sólo el nivel de la señal. Es preciso que el algoritmo de identificación compare las oscilaciones del nivel de la señal que se producen de manera repentina y simultánea en los dos lugares, dejando cierto margen de tolerancia en lo que respecta tanto al nivel como al tiempo.

Dado que se exige una sincronización con precisión de 100 ms entre los dos lugares y se recomienda un tiempo de barrido de 1 s, habrá al menos 900 ms de solapamiento en el tiempo de barrido. El primer paso de la evaluación consiste en determinar la diferencia de fase exacta entre el lugar de medición y el de referencia. Para ello se recurre a la correlación, tal y como se describe en la Recomendación UIT-R SM.1753. A continuación se describe un método práctico de efectuar el cálculo, ilustrado en la Fig. 9:

Paso 1: Calcular el nivel medio de un barrido en el lugar de referencia y en el de medición. Con independencia del nivel total recibido, el 50% de todas las muestras queda por encima de dicho nivel medio y el 50% queda por debajo.

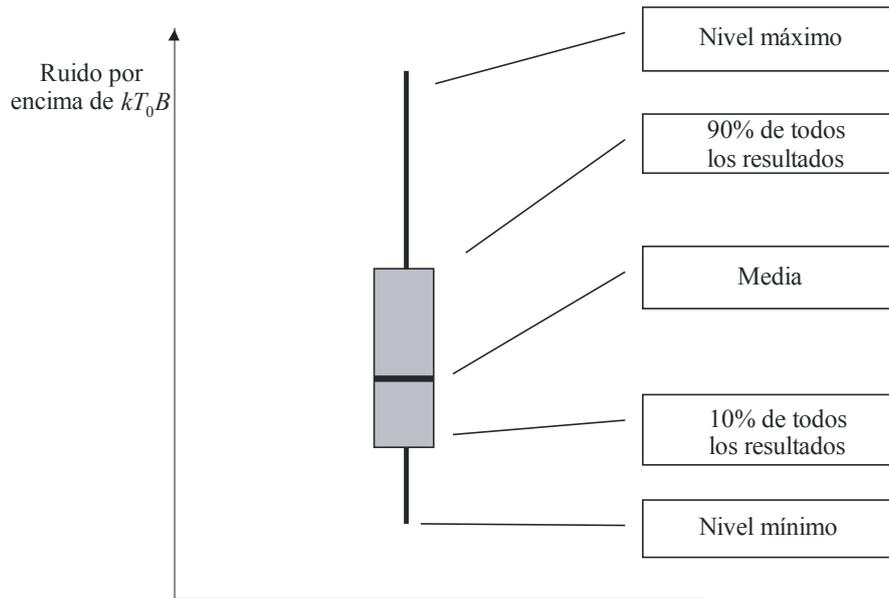
Paso 2: A cada muestra tomada en un barrido que está situada por encima de la media se le asigna un índice de autocorrelación de +1, y a las situadas por debajo un valor de -1. La suma de los valores de todas las muestras para cada barrido debe ser igual a 0.

Paso 3: A continuación, se comparan únicamente los índices de correlación asignados entre el barrido desde el lugar de referencia y el efectuado en el lugar de medición. Si los dos índices de correlación coinciden, el resultado del índice de correlación cruzada es +1, si son distintos, el resultado es -1 (función lógica «OR exclusiva»). La suma de todos estos resultados representa el factor de correlación cruzada.

Paso 4: Seguidamente se aplica en el lugar de medición una diferencia de fase en el tiempo de barrido de una muestra y se vuelve a calcular el factor de correlación cruzada. Este proceso se repite para todas las diferencia de fase posibles dentro del intervalo de solapamiento de 900 ms. La diferencia de fase correspondiente al mayor factor de correlación cruzada es constante, dado que se parte del supuesto de que la sincronización es exacta entre los dos barridos.

Paso 5: Se identifican la primera y la última muestra de la primera ráfaga tomada desde el lugar de medición (en el ejemplo de la Fig. 9 la primera sería la muestra 13 y la última la muestra 16). Luego se determina si también aparece en el lugar de referencia una ráfaga de más del 50% de la longitud de la ráfaga. En tal caso, se supone que la ráfaga se ha recibido por una onda celeste y se elimina. De lo contrario, se supone que la ráfaga tiene origen local (artificial) y se mantiene.

FIGURA 10
Principio de un diagrama de recuadros

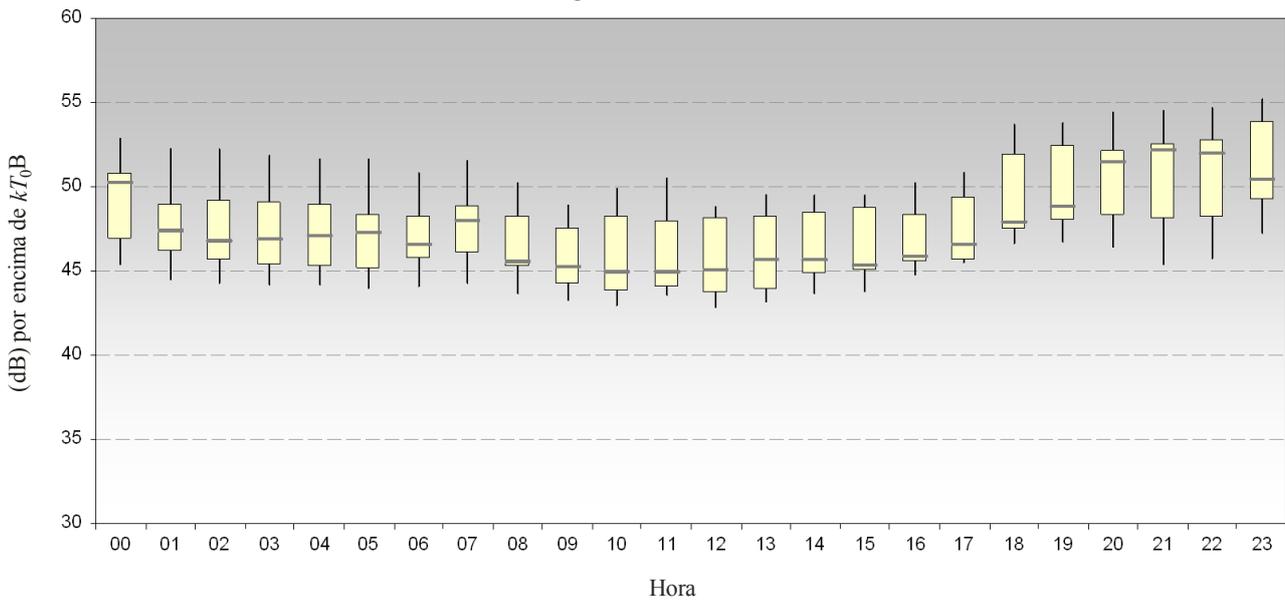


Informe SM.2155-10

Conviene tener cuidado de no mezclar las mediciones tomadas en lugares de distintas categorías (por ejemplo, ciudad y residencial) en un mismo diagrama de recuadros.

Por otra parte, dado que el nivel general de ruido blanco gaussiano depende de la frecuencia, sólo los resultados obtenidos en la misma gama de frecuencias pueden combinarse en un mismo diagrama.

FIGURA 11
Ejemplo característico de un diagrama de recuadros
Ruido blanco gaussiano residencial a 5 MHz



Informe SM.2155-11

Para desarrollar una amplia base en caso de una posible revisión de los valores del ruido blanco gaussiano estipulados en la Recomendación UIT-R P.372, la UIT ha creado un banco de datos de los resultados de las mediciones del ruido radioeléctrico y la ha publicado en <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=study-groups&mlink=rsg3&lang=en>. Se invita a las Administraciones que efectúen mediciones del ruido artificial con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.1753 y/o el presente Informe a que proporcionen sus resultados para incluirlos en el banco de datos. En la Recomendación UIT-R P.311 se indica el formato en el que se deben presentar los datos.

7.2 Ruido impulsivo

Al tomar datos durante 24 h en entornos reales se recibirán numerosos impulsos/ráfagas procedentes de muy diversas fuentes que abarcaran una amplia gama de valores de los tres parámetros principales, a saber, el nivel, la longitud y la frecuencia de repetición. Así pues, será necesario presentar los resultados en la forma de distribuciones estadísticas en lugar de indicar un solo valor para el promedio de cada parámetro.

Después de comparar el lugar de medición con el de referencia, sólo se tendrá en cuenta el ruido impulsivo generado por fuentes cercanas. Dado que estas fuentes no dependen de las condiciones de propagación, no es necesario separar los valores correspondientes a cada hora del día, por lo que bastará con resumir todos los valores obtenidos a lo largo de un periodo de 24 h completo.

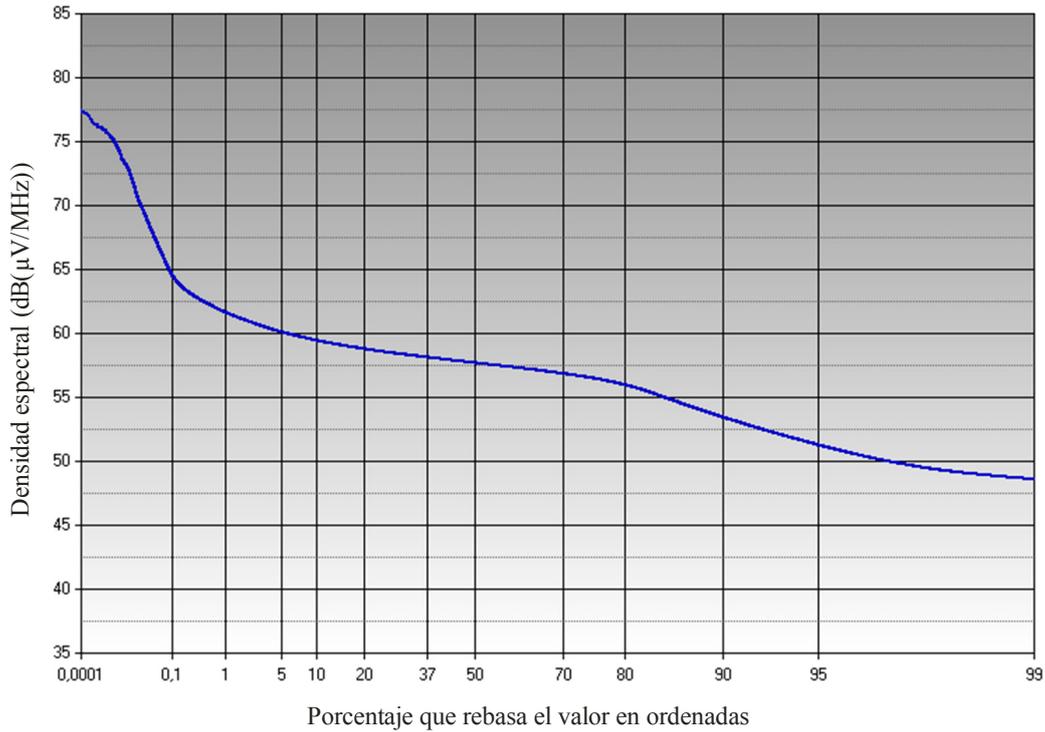
Para proporcionar además información acerca de la frecuencia con la que aparece el ruido impulsivo, se recomienda indicar el periodo de ráfaga relativo (= número relativo de muestras de ruido impulsivo expresado en porcentaje) en cualquiera de las representaciones (véase la parte inferior de la Fig. 13).

7.2.1 Nivel de ráfaga

Los niveles medios de ráfaga y la densidad espectral calculados con arreglo a § 6.2.3 pueden presentarse como la probabilidad acumulativa respecto a la densidad espectral. En la Fig. 12 se da un ejemplo. El valor en el eje y indica el porcentaje de las ráfagas que alcanzan o rebasan un valor determinado de la densidad espectral.

FIGURA 12

Ejemplo de una distribución de nivel de ráfaga



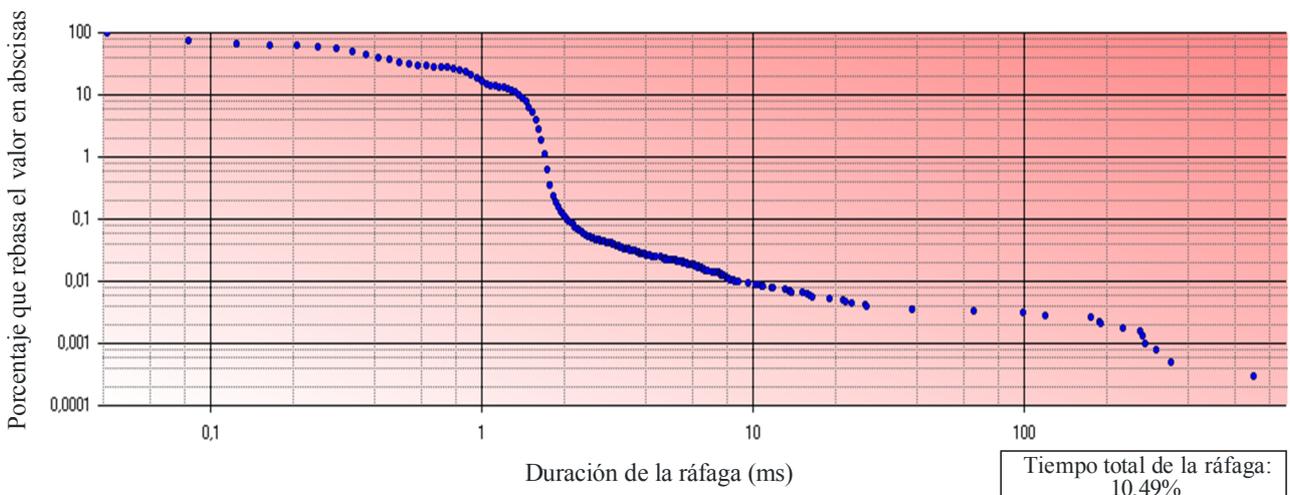
Informe SM.2155-12

7.2.2 Duración de las ráfagas

La duración de la ráfaga calculada con arreglo a § 6.2.3 puede representarse en la forma de una probabilidad acumulativa en función del tiempo (longitud). El valor en el eje y indica el porcentaje de ráfagas que alcanzan o rebasan la longitud sobre el eje x. Por motivos prácticos, se recomienda utilizar una escala logarítmica en los dos ejes. En la Fig. 13 se da un ejemplo.

FIGURA 13

Ejemplo de una distribución de la duración de las ráfagas



Informe SM.2155-13

7.2.3 Periodo de repetición de la ráfaga

La frecuencia de repetición de la ráfaga calculada conforme a § 6.2.3 puede representarse como una función de la probabilidad respecto de la frecuencia. El valor en el eje y indica el porcentaje de todas las combinaciones posibles de ráfagas cuyo periodo de repetición corresponde al indicado en el eje x.

NOTA 1 – Para representar gráficamente no basta con contar directamente las veces que se obtiene una determinada separación de impulsos: al efectuar una adquisición de, por ejemplo, 1 s, pueden aparecer 500 ráfagas breves con una separación de 1 ms, que corresponde a una frecuencia de repetición de ráfagas de 500 Hz. También pueden aparecer 2 ráfagas de otra fuente con una separación de 500 ms que corresponde a una frecuencia de repetición de ráfagas de 2 Hz. Sería incorrecto contar las ráfagas rápidas 500 veces más que las lentas, por cuanto esto daría la impresión de que las frecuencias de repetición de ráfagas de 500 Hz son 500 veces más probables que las de las ráfagas de 2 Hz. Para corregir este efecto, el número de veces que se cuenta a una determinada separación tiene que ponderarse antes de dibujar el gráfico de probabilidad. Para ello se divide dicho número de veces por el número máximo posible de veces que se produce esta separación durante la adquisición.

Ejemplo: Durante el tiempo de adquisición de 1 s se tomaron 10 000 muestras, por lo que el tiempo entre dos muestras es de 100 μ s. Contamos 1 500 ráfagas con una separación de 300 μ s (3 muestras entre ráfagas), y otras 2 ráfagas con una separación de 500 ms (5 000 muestras entre las ráfagas). Si la primera fuente de ruido, cuyo periodo de repetición es de 300 μ s, estuviese presente todo el tiempo, hubiéramos contado 3 333 ráfagas en cada adquisición. El valor sobre el gráfico de la distribución de frecuencia de repetición de ráfagas se calcula del modo siguiente:

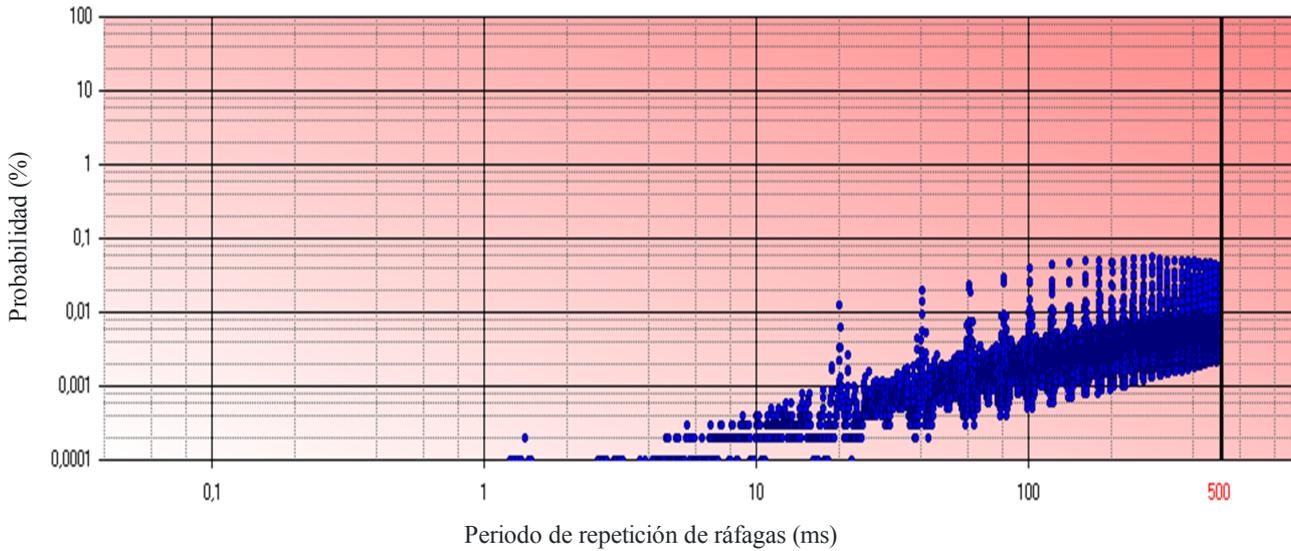
Para un tiempo de repetición de 300 μ s: $A = 1\,500 \text{ ráfagas} / 3\,333 \text{ ráfagas} = 45\%$

Para un tiempo de repetición de 500 ms: $B = 2 \text{ ráfagas} / 2 \text{ ráfagas} = 100\%$

Este cálculo se realiza para todos los periodos de repetición de ráfagas detectados. El número total de todos los periodos diferentes, por ejemplo 25, en el resultado corresponde al 100%. Así pues, la probabilidad (= valor sobre el eje y) para un periodo de repetición de 300 μ s es $45\% / 25 = 1,8\%$, y para un periodo de 500 ms es de $100\% / 25 = 4\%$.

En la Fig. 14 se muestra un ejemplo de distribución del periodo de repetición de ráfagas.

FIGURA 14

Ejemplo de distribución del periodo de repetición de ráfagas

Informe SM.2155-14

El extremo derecho del eje x se determina mediante el tiempo de adquisición de 1 s correspondiente al periodo de repetición de ráfagas más pequeño detectable de 500 ms. En el ejemplo de la Fig. 14 se observa una fuente de ruido impulsivo dominante con un periodo de repetición de 20 ms. Debido al principio descrito en la sección § 6.2.3, también aparecen crestas en los múltiplos de 20 ms (40, 60, 80 ms ...).

7.2.4 Duración total de ráfagas

Los diagramas estadísticos mencionados hasta ahora sólo contiene probabilidades relativas de los parámetros de ruido impulsivo. En la Fig. 13, por ejemplo, el 0,1% de todas las ráfagas son mayores que 40 ms. No obstante, esto puede significar cientos o millones de impulsos por hora. Por consiguiente, otro parámetro interesante es la proporción del tiempo de medición total en el que había ruido impulsivo. La duración total de todos los impulsos y ráfagas relativa al tiempo total de observación puede indicarse con un solo factor (%) y conviene indicarlo junto a cualquiera de los gráficos temporales. Por ejemplo, en la Fig. 13, el 10,49% de todas las muestras tomadas eran ráfagas o impulsos (véase el recuadro de texto en la parte inferior derecha).

8 Mediciones del ruido artificial en Alemania

En 2007 comenzó una campaña a gran escala de medición del ruido artificial en la gama de frecuencias de las ondas decamétricas, en diferentes lugares de Alemania. Los resultados del ruido blanco gaussiano se publicarán en el banco de datos de la UIT sobre ruido radioeléctrico.

NOTA 1 – Dado que el factor de antena en el sistema de medición utilizado aún no se ha definido, los resultados presentados en esta versión del informe deben considerarse preliminares. Se estima que debido a esta circunstancia la incertidumbre de estas mediciones es de ± 5 dB.

8.1 Propiedades del equipo de medición

Se utiliza el siguiente equipo de medición:

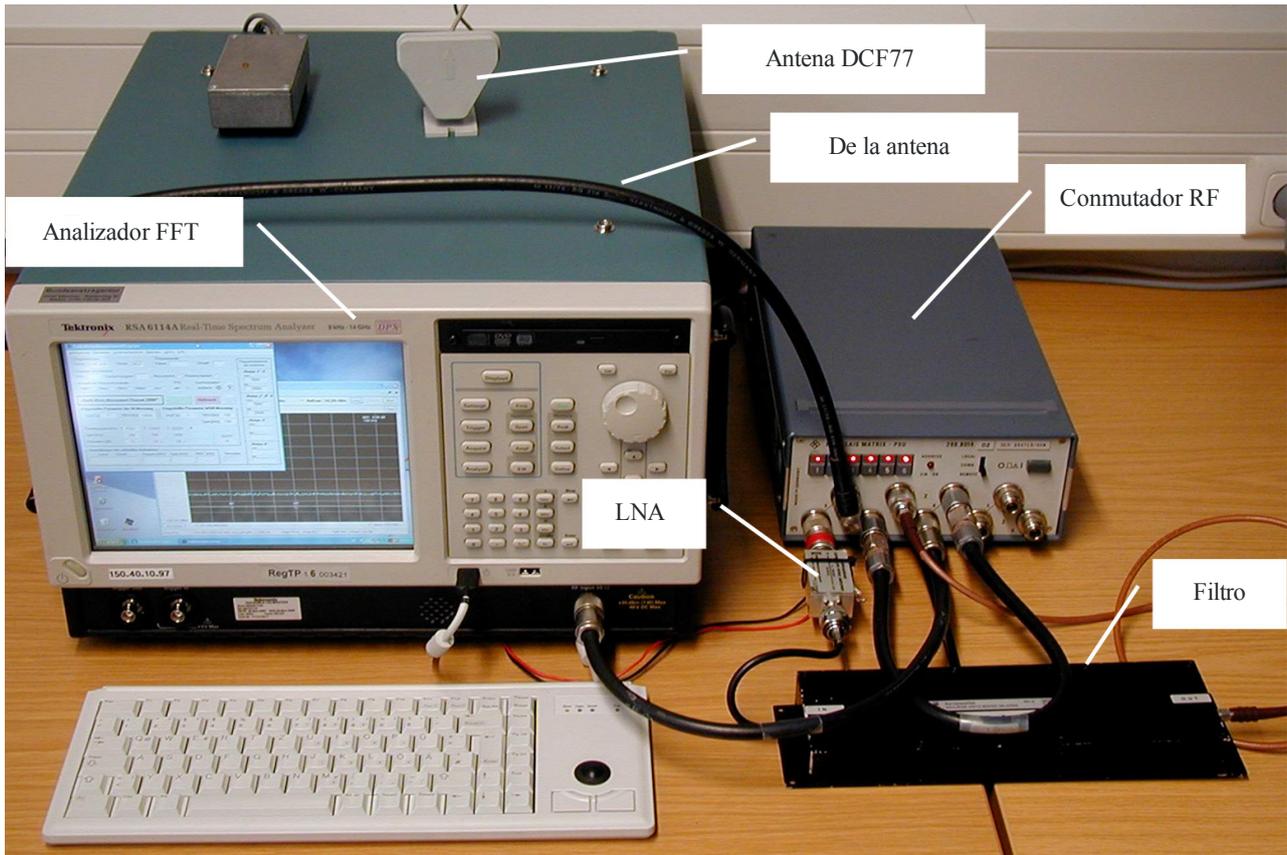
CUADRO 2
Equipo de medición utilizado en Alemania

Parte del equipo	Propiedades importantes, observaciones
Antena pasiva de ondas decamétricas	Dipolo vertical Longitud: 5 m Altura sobre el terreno: 8-10 m (centro) Factor de antena a 5 MHz: 22 dB Factor de antena a 12 MHz: 28 dB Factor de antena a 20 MHz: 15 dB
Filtro pasabanda de ondas decamétricas	Personalizado y fabricado especialmente Supresión ≥ 22 dB entre 9-5 060 kHz, 5 600-12 100 kHz, 13 570-19 020 kHz, 21 540-30 000 kHz Atenuación de la banda pasante $\leq 2,5$ dB 3 bandas pasantes: 5 210-5 470 kHz, 12 410-13 240 kHz, 19 490-21 070 kHz
Amplificador de bajo ruido	Gama de frecuencias: 5-1 500 MHz Ganancia: 20 dB Factor de ruido: 1,2 dB
Receptor de medición	Analizador FFT Velocidad de muestreo: 2×24 kHz (I/Q) Tiempo de adquisición: 1 s Computador integrado con software de control Capacidad de almacenamiento interna de datos I/Q Anchura de banda de resolución: 100 Hz (ruido blanco gaussiano), 20 kHz (ruido impulsivo)
Software de control y evaluación	Desarrollado específicamente (Visual Basic, Excel)
Sincronización de tiempos	Módulo DCF77 conectado al analizador mediante RS232
Conmutador RF	Circuitos de conmutación controlados por 2 buses IEC

El equipo de medición se monta sobre un vehículo de medición. La antena se coloca en el mástil plegable integrado. En muchos casos se suministra una fuente de alimentación externa de 220 V. En lugares remotos se transporta en los vehículos de medición una batería de capacidad 1 260 AH y un convertidor de corriente continua a alterna que permite utilizar el equipo durante 24 h sin recurrir a una fuente de alimentación externa.

Si no se dispone de una antena DCF77 externa, puede utilizarse el conmutador RF de la Fig. 15 para obviar el filtro. En estos casos el software también admite la recepción y evaluación directa de la señal DCF77 mediante el analizador FFT utilizando la antena de medición. En este modo, la medición del ruido real se suspende durante unos cuantos minutos, el analizador se sintoniza a 77 kHz durante cierto tiempo y el telegrama de datos transmitido por el DCF77 se evalúa por software para determinar la hora exacta. Dado que 77 kHz no está dentro de ninguna de las bandas pasantes, el filtro tiene que obviarse durante estas fases de sincronización.

FIGURA 15

Configuración del equipo de medición del ruido artificial en ondas decamétricas

Informe SM.2155-15

Si se dispone de la antena DCF77 externa, no se necesita el conmutador RF.

FIGURA 16

Vehículo de medición del ruido artificial en ondas decamétricas



Informe SM.2155-16

8.2 Procedimiento de medición

Se miden las tres gamas de frecuencias siguientes:

CUADRO 3

Gamas de frecuencias medidas

Gama (MHz)	Frecuencia central (kHz)	Intervalo (kHz)
5	5 331	288
12	12 820	795
20	20 220	1 430

Las siguientes mediciones se efectúan automáticamente para cada una de las gamas de frecuencias antes mencionadas consecutivamente y se repiten para 24 h:

- 1 Pasada preliminar para determinar la frecuencia con el nivel más bajo de ruido artificial.

Configuración:

Frecuencia central: las del Cuadro 3.

Intervalo: el del Cuadro 3.

Anchura de banda de resolución: 10 kHz.

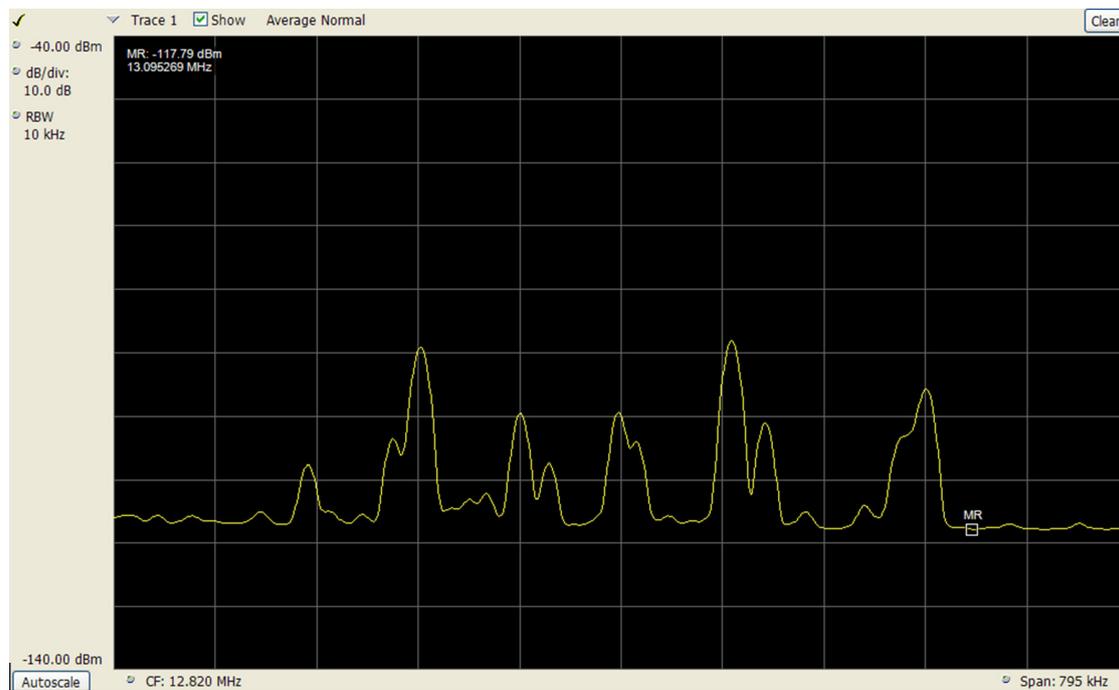
Tiempo de adquisición e integración: 1 s.

Detector: valor eficaz (RMS).

En la Fig. 17 se muestra un ejemplo. El marcador indica la frecuencia que corresponde al nivel más bajo (más o menos) en la se efectuarán las mediciones.

FIGURA 17

Pasada preliminar para determinar la frecuencia de medición más adecuada



2 Pasada de medición de ruido blanco gaussiano.

Configuración:

Frecuencia central: frecuencia con menor nivel de ruido determinada en la pasada preliminar.

Intervalo: 100 kHz.

Anchura de banda de resolución: 100 Hz.

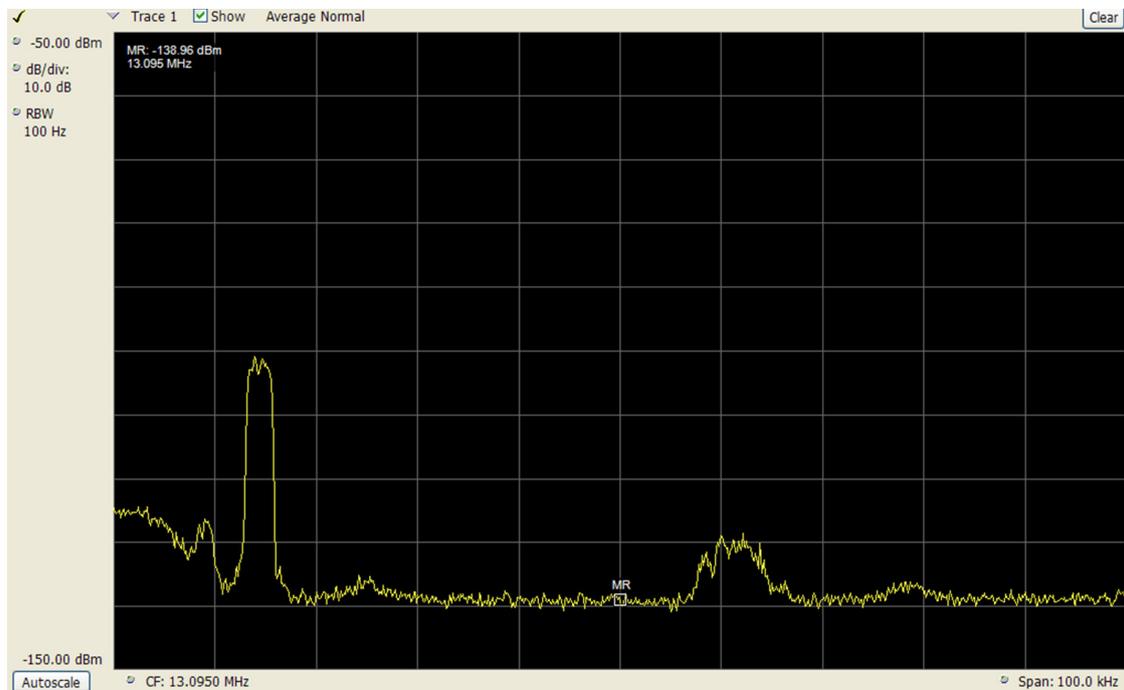
Tiempo de adquisición e integración: 1 s.

Detector: RMS.

En la Fig. 18 se muestra un ejemplo.

FIGURA 18

Pasada de medición de ruido blanco gaussiano para determinar el valor eficaz (RMS) del ruido artificial



3 Pasada de medición del ruido impulsivo.

Configuración:

Frecuencia central: frecuencia con menor nivel de ruido determinada en la pasada preliminar.

Intervalo: cero (amplitud en función del tiempo).

Anchura de banda de resolución: 20 kHz.

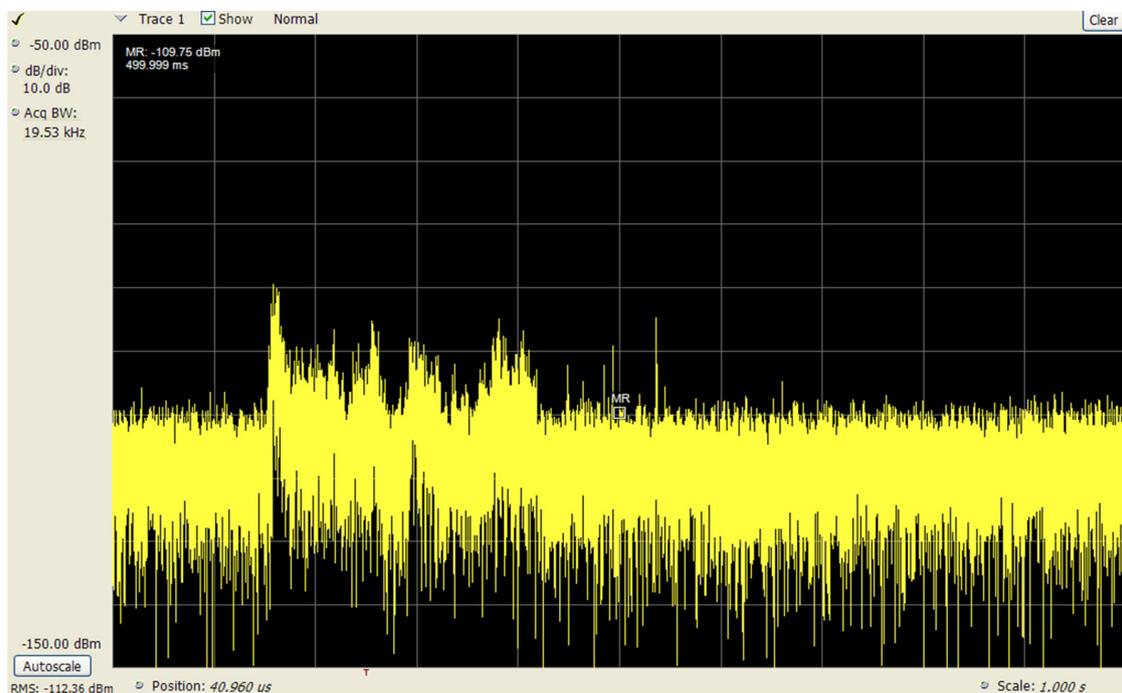
Tiempo de adquisición: 1 s.

Detector: muestra.

En la Fig. 19 se muestra un ejemplo que contiene varias ráfagas.

FIGURA 19

Pasada de medición de ruido impulsivo (amplitud en función del tiempo)



Informe SM.2155-19

La sincronización del tiempo se efectúa cada 7 min aproximadamente decodificando la señal DCF77 con un módulo de interfaz externa y comparándolo con el reloj del sistema actual del computador. La diferencia de tiempo se almacena como un «diferencia de fase» y se utiliza para sincronizar las siguientes pasadas de medición. La sincronización entre el lugar de medición y el de referencia debe tener una precisión mínima de 100 ms.

8.3 Resultados de las mediciones

Hasta el año 2009, se efectuaron mediciones en más de 100 lugares de Alemania. En el siguiente diagrama de recuadros se resumen los resultados obtenidos hasta ahora de medir el ruido blanco gaussiano WGN en cada categoría de ubicación.

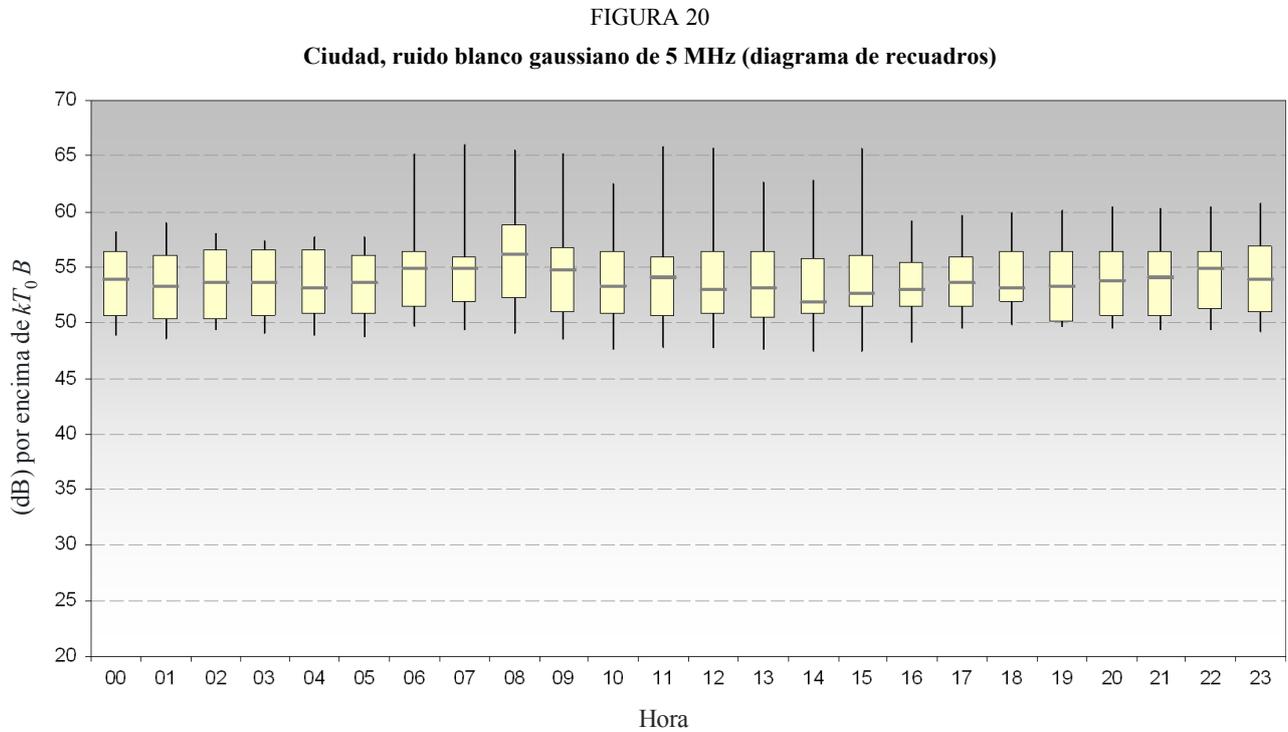
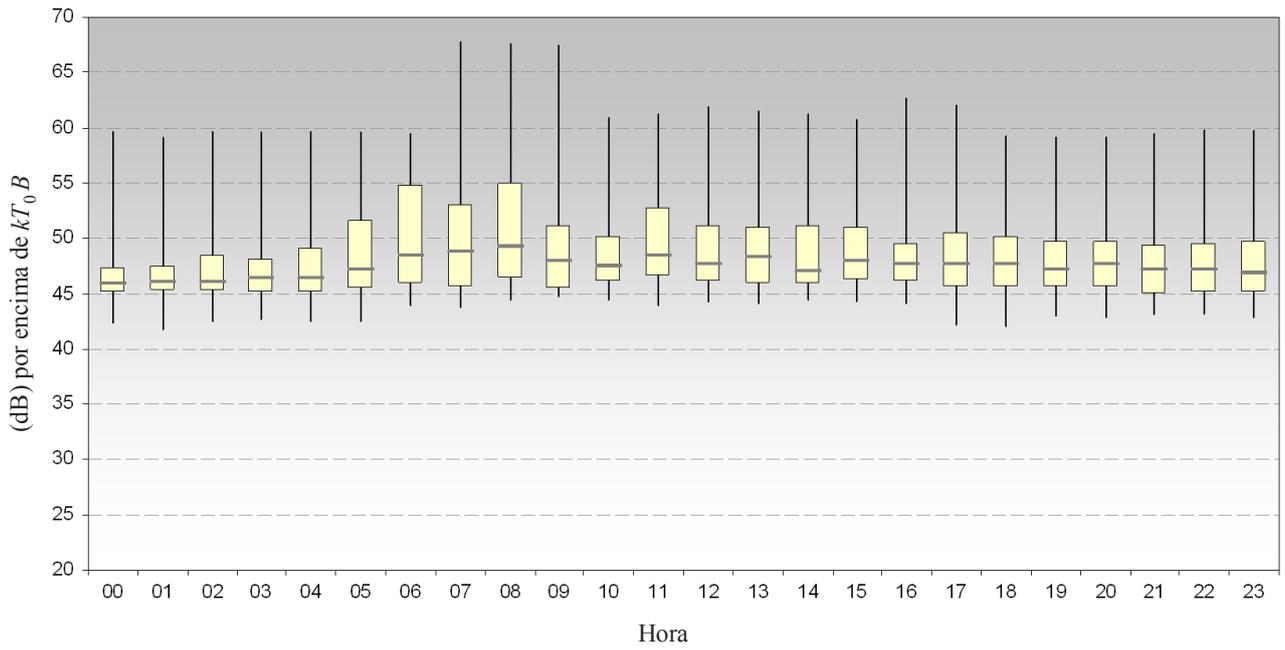


FIGURA 21

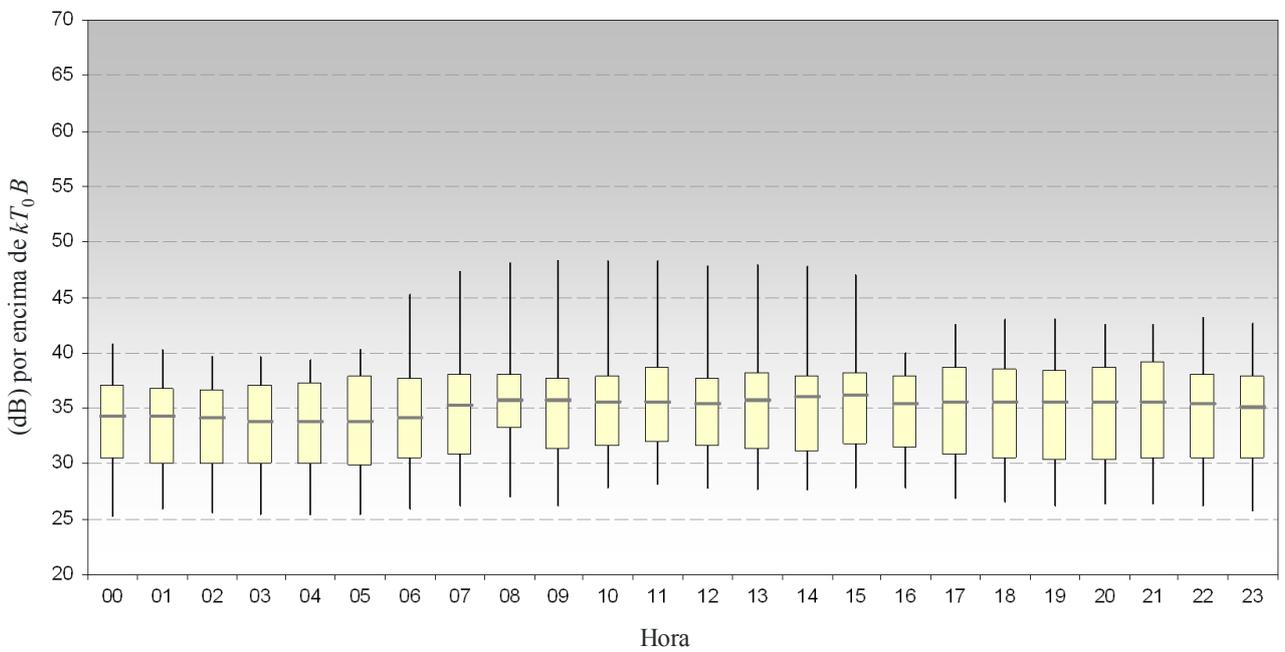
Ciudad, ruido blanco gaussiano de 12 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-21

FIGURA 22

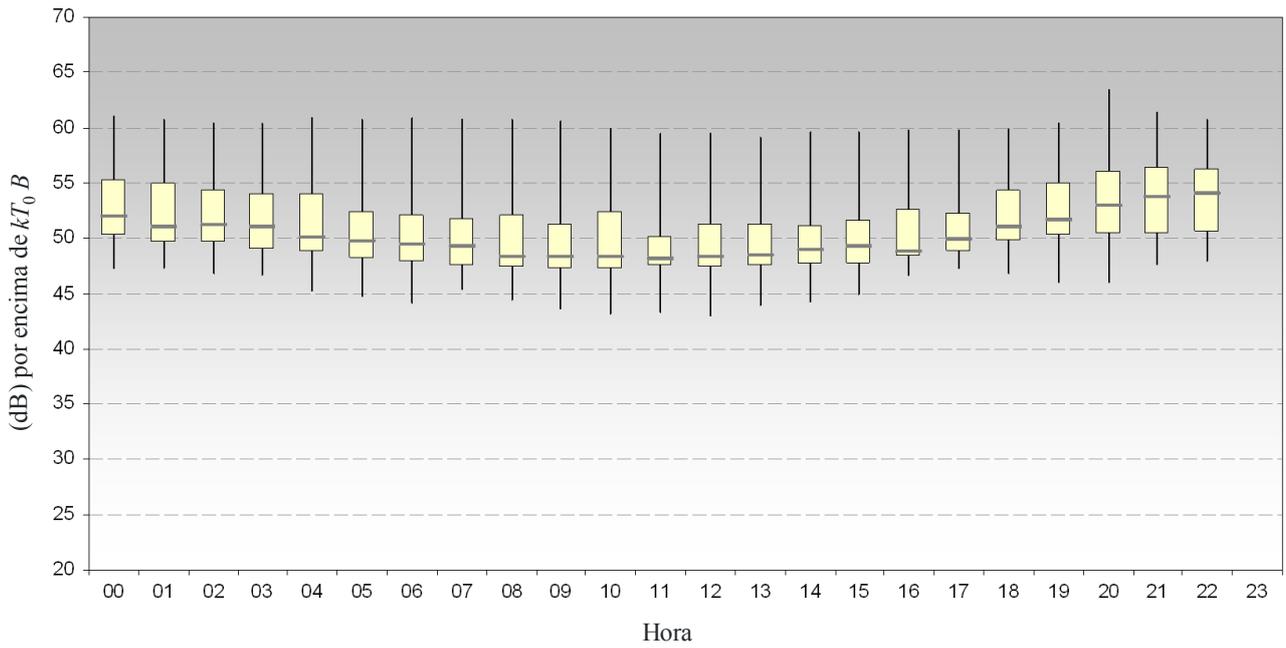
Ciudad, ruido blanco gaussiano de 20 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-22

FIGURA 23

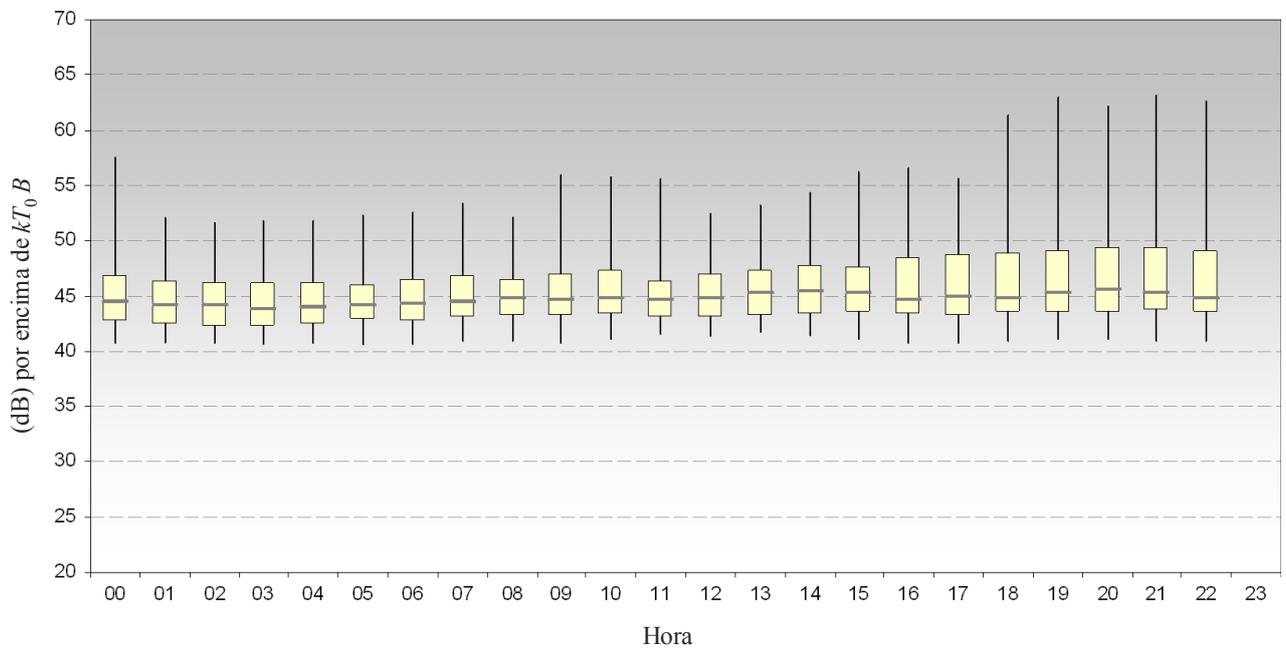
Residencial, ruido blanco gaussiano de 5 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-23

FIGURA 24

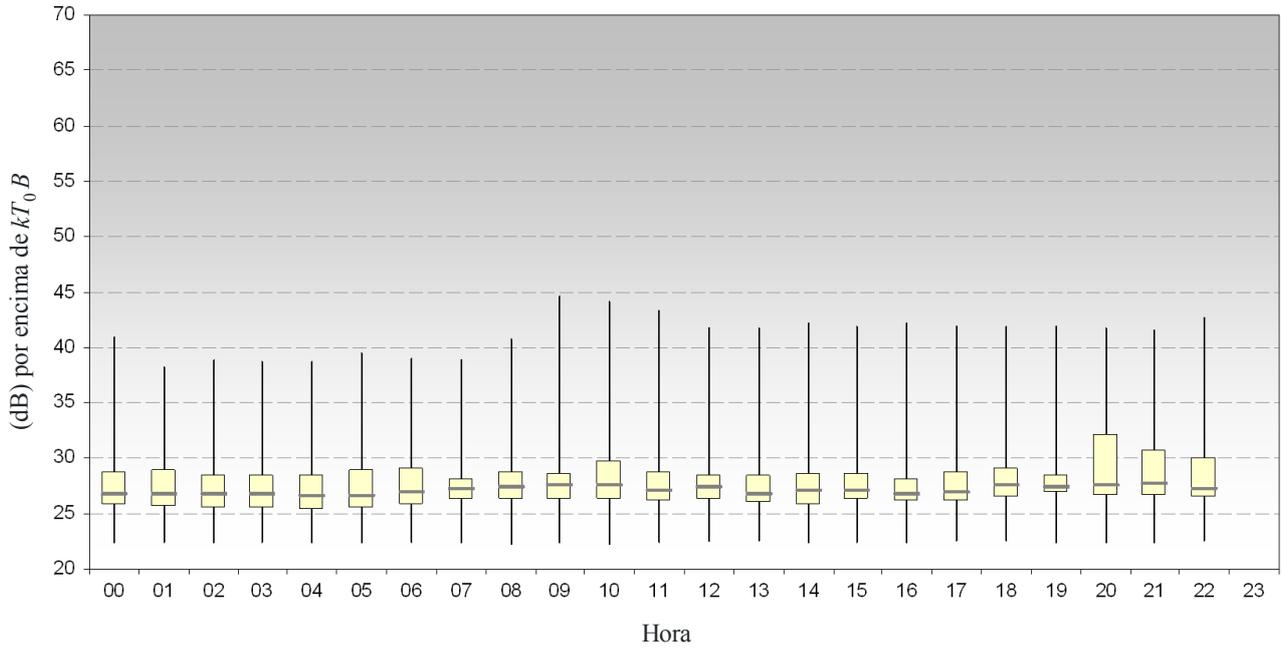
Residencial, ruido blanco gaussiano de 12 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-24

FIGURA 25

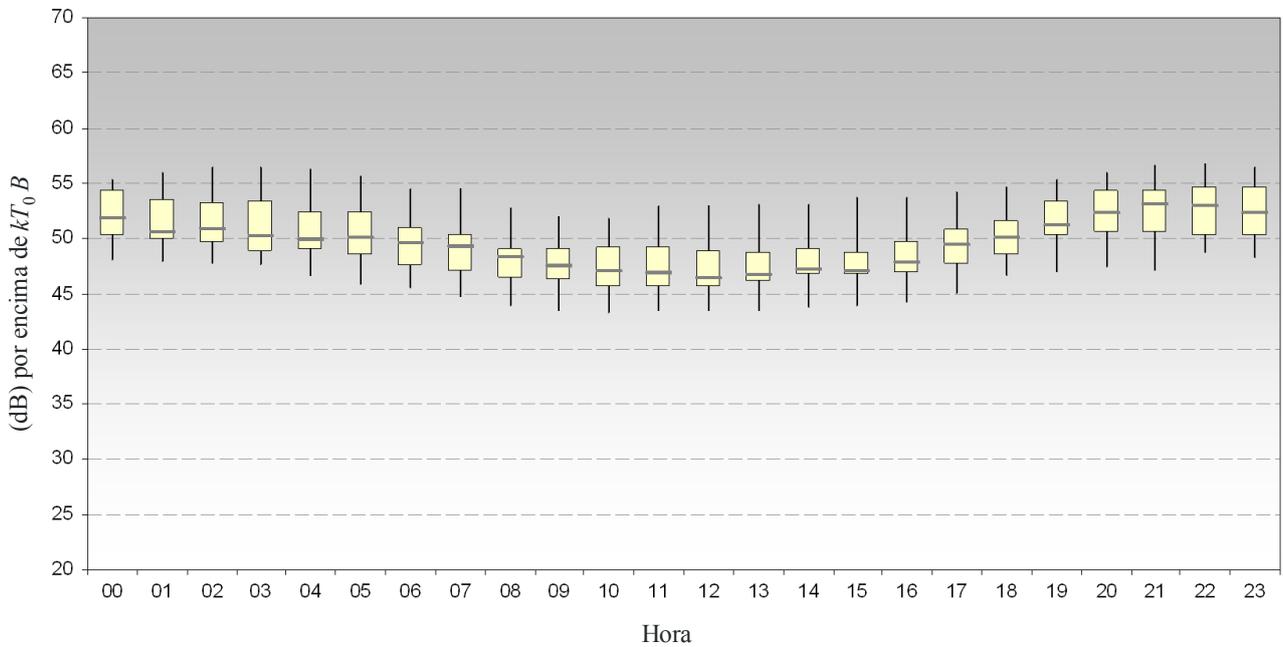
Residencial, ruido blanco gaussiano de 20 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-25

FIGURA 26

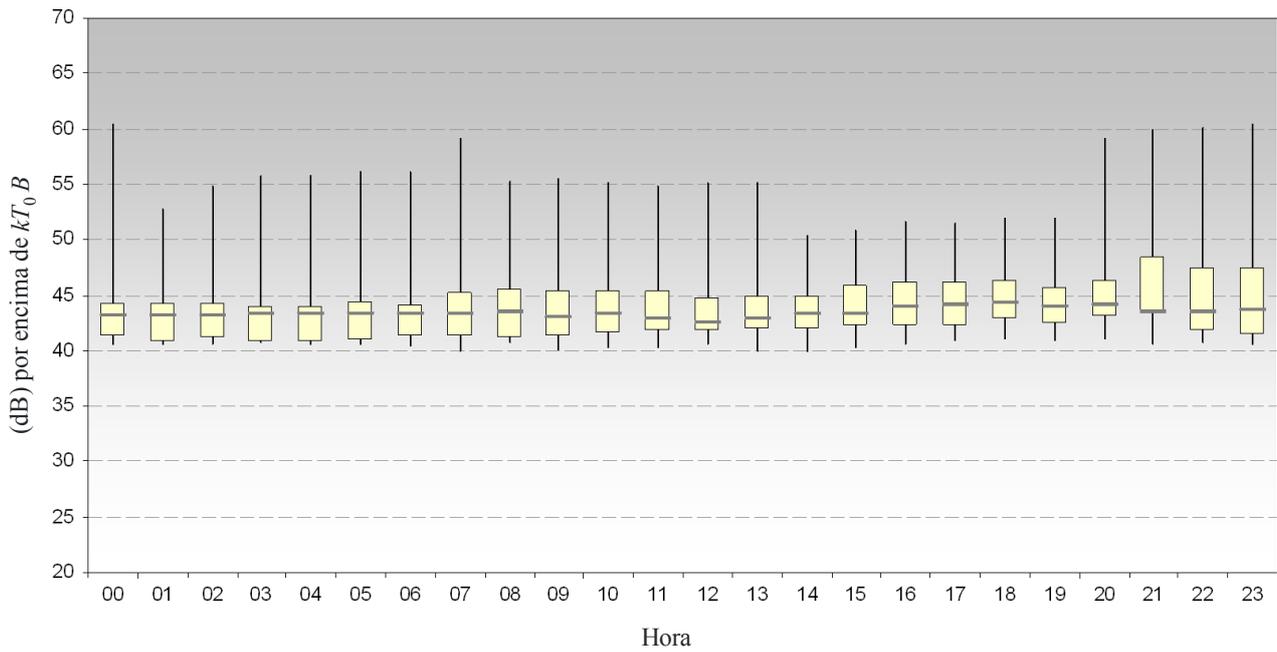
Rural, ruido blanco gaussiano de 5 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-26

FIGURA 27

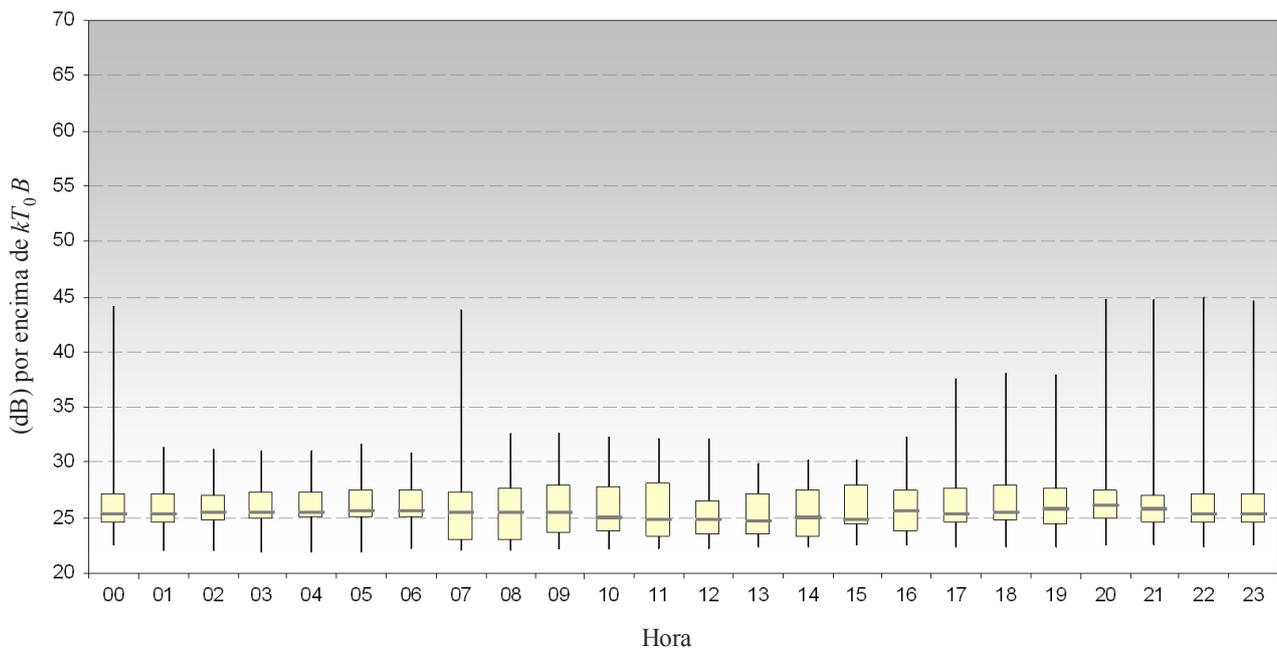
Rural, ruido blanco gaussiano de 12 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-27

FIGURA 28

Rural, ruido blanco gaussiano de 20 MHz (diagrama de recuadros)



Informe SM.2155-28

Al evaluar las mediciones se observa que los valores del ruido blanco gaussiano son en su mayoría inferiores a los especificados en la Recomendación UIT-R P.372. En el Cuadro 4 se comparan los resultados del promedio durante todo un día y de todas las mediciones realizadas en Alemania hasta la fecha con los valores de la Recomendación UIT-R P.372.

CUADRO 4

Comparación de los valores del ruido blanco gaussiano medidos en Alemania (GER) con los de la Recomendación UIT-R P.372

Frecuencia (MHz)	Ciudad		Residencial		Rural	
	P.372	Mediciones en Alemania (max/med/min)	P.372	Mediciones en Alemania (max/med/min)	P.372	Mediciones en Alemania (max/med/min)
5	56,5 dB	59,6/ 53,6 /49,6 dB	52,2 dB	60,5/ 49,9 /45,7 dB	46,9 dB	54,3/ 49,5 /45,8 dB
12	46,1 dB	59,5/ 47,2 /43,2 dB	41,8 dB	52,8/ 44,7 /41,0 dB	36,5 dB	55,2/ 43,4 /41,0 dB
20	40,5 dB	40,2/ 35,2 /26,3 dB	36,2 dB	40,8/ 27,1 /22,5 dB	30,9 dB	31,3/ 25,3 /22,6 dB

En las siguientes Figuras se muestran ejemplos de la evaluación del ruido impulsivo.

FIGURA 29

Distribución característica de los niveles de ruido impulsivo

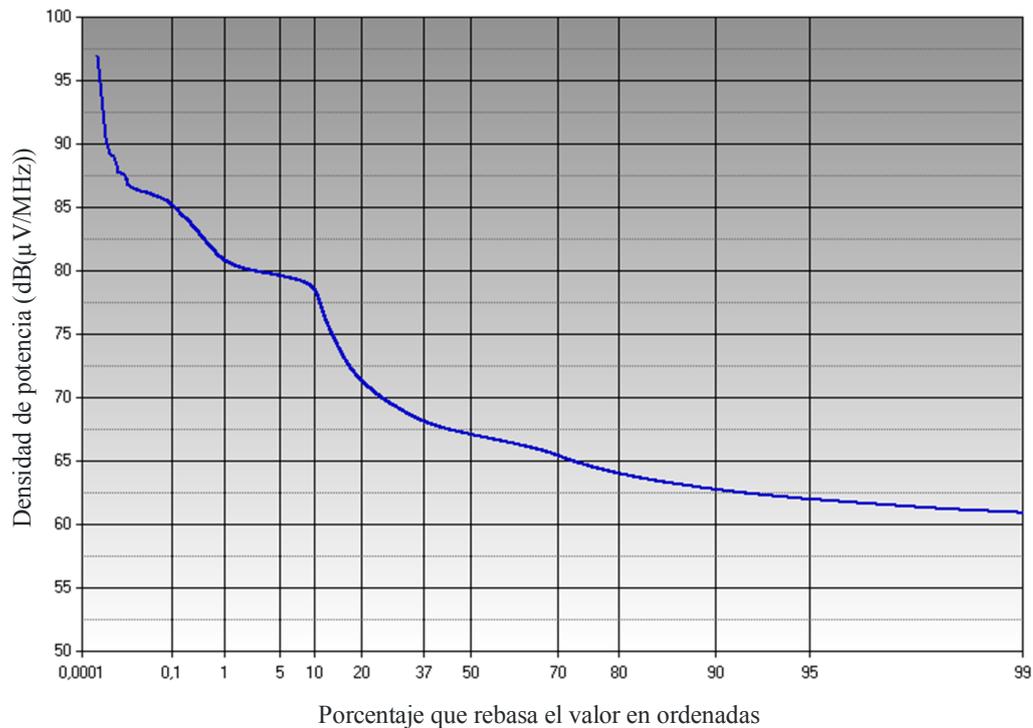
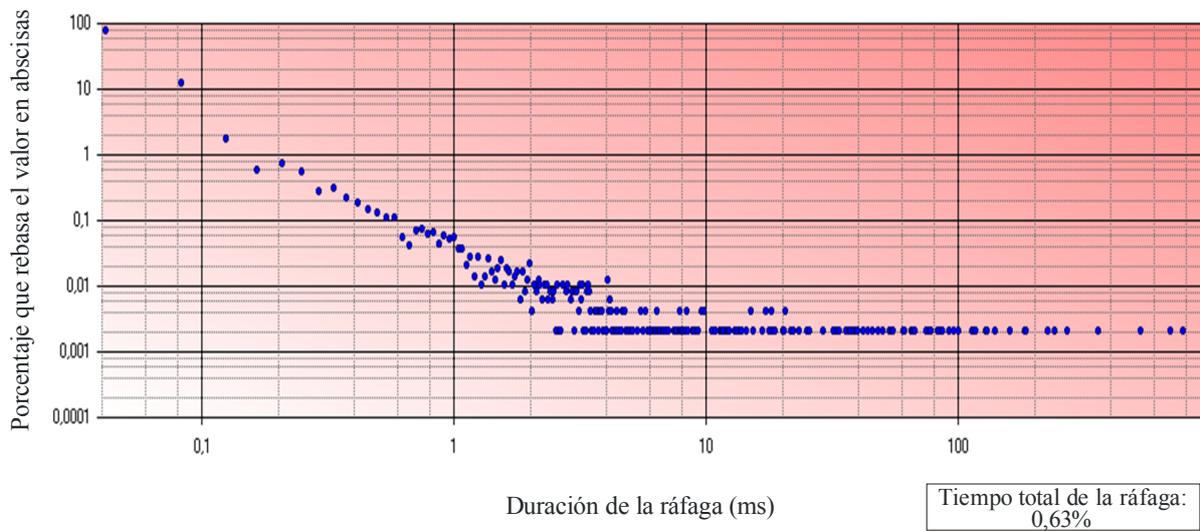


FIGURA 30

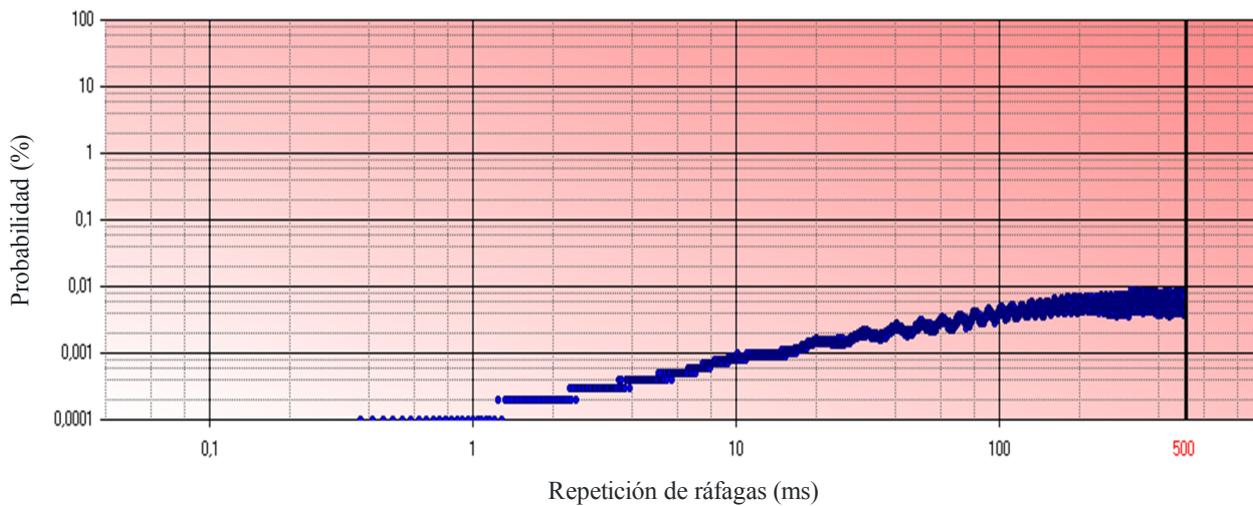
Distribución característica de la longitud de ruido impulsivo



Informe SM.2155-30

FIGURA 31

Distribución característica de la repetición de ruido impulsivo



Informe SM.2155-31

Se ha previsto que la campaña de medición del ruido artificial en Alemania prosiga durante varios años. Los resultados del ruido blanco gaussiano se irán actualizando constantemente en el banco de datos de la UIT sobre el ruido radioeléctrico.