

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SM.1875-3
(08/2019)

**Mediciones de la cobertura de la DVB-T
y verificación de los criterios
de planificación**

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 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	Radioastronomía
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, 2020

© UIT 2020

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.1875-3

Mediciones de la cobertura de la DVB-T y verificación de los criterios de planificación

(2010-2013-2014-2019)

Cometido

En esta Recomendación se describen métodos para medir la cobertura de los transmisores y redes de DVB-T y DVB-T2 y su evaluación. La mayoría de los principios descritos son también aplicables a otros sistemas de radiodifusión digital, en particular los que utilizan la modulación MDFO (por ejemplo, DAB), pero los ejemplos utilizados en esta Recomendación proceden sólo de sistemas DVB-T/T2.

Palabras clave

Cobertura, comprobación técnica, DVB-T, DVB-T2, medición, predicciones de cobertura, servicio

Abreviaturas/Glosario

BER – Proporción de bits erróneos

C/N – Relación portadora/ruido

C/I – Relación portadora/interferencia, a la que también se hace referencia como relación de protección en esta Recomendación

FEC – Corrección de errores en recepción

DVB-T/T2 – Radiodifusión de vídeo digital terrenal

FX – Recepción fija

Acuerdo GE06 – Acuerdo regional y sus Anexos junto con los Planes asociados tal y como fue elaborado por la Conferencia regional de Radiocomunicaciones de 2006 para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en la Región 1 (partes de la Región 1 situadas al oeste del meridiano 170° E y al norte del paralelo 40° S, excepto los territorios de Mongolia) y en la República Islámica del Irán, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (Ginebra, 2006).

LDPC – comprobación de paridad de baja densidad

MFN – Red multifrecuencia

PI – Recepción portátil en interiores

PO – Recepción portátil en exteriores

QEF – Casi sin errores

QoS – Calidad de servicio

RF – Radiofrecuencia

SFN – Red monofrecuencia

Recomendaciones e Informes UIT-R conexos

Recomendaciones UIT-R BT.419, UIT-R P.1546, UIT-R BT.1735, UIT-R BT.2265 y UIT-R P.1812.

Informe UIT-R BT.2254.

NOTA – En todos los casos, debe utilizarse la última edición de la Recomendación/Informe en vigor.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el Acuerdo GE06 define las condiciones de recepción, las relaciones señal/ruido necesarias y los mínimos valores de intensidad de campo para la recepción de la DVB-T;
- b) que los servicios de comprobación técnica deben medir la cobertura de los transmisores y redes de la DVB-T/T2 para verificar el cumplimiento de las predicciones de cobertura utilizadas en el proceso de planificación o a fin de evaluar las condiciones de recepción en un emplazamiento donde se ha señalado interferencia,

reconociendo

- a) que en el Informe UIT-R BT.2254 se definen las condiciones de recepción, las relaciones señal/ruido necesarias y los valores mínimos de intensidad de campo para la recepción de la DVB-T2;
- b) que la Recomendación UIT-R BT.1735 contiene métodos para facilitar la evaluación de la calidad de la recepción de los servicios de radiodifusión de televisión digital terrenal,

recomienda

que para evaluar la cobertura de la DVB-T/T2 y proceder a su comparación con las predicciones de cobertura se empleen los métodos descritos en los Adjuntos 1, 2, 3 y 4 del Anexo.

NOTA – En el § 3 del Anexo a la presente Recomendación pueden encontrarse orientaciones sobre el método que se ha de aplicar en función del diseño de la red DVB-T/T2, del terreno y de los fines de la medición.

Anexo

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción..... 6
2	Términos y definiciones utilizados en esta Recomendación 6
2.1	Diagrama de antena para recepción fija..... 6
2.2	Factor de antena 7
2.3	Zona de asignación 8
2.4	Proporción de bits erróneos 8
2.5	Célula..... 8
2.6	C/N 8
2.7	Zona de cobertura 9
2.8	Zona de servicio..... 9
2.9	Predicción de la cobertura..... 10
2.10	Factor de cresta 10
2.11	Intervalo de guarda 10
2.12	Pérdida de altura 10
2.13	Intensidad de campo interferente 11
2.14	Valor mediano 11
2.15	Mínima intensidad de campo mediana (E_{med})..... 11
2.16	MFN..... 12
2.17	Mínimo nivel de señal equivalente 12
2.18	Mínima intensidad de campo (equivalente) deseada ($E_{mín}$)..... 12
2.19	Ganancia de red 12
2.20	Relación de protección 13
2.21	Recepción casi sin errores 13
2.22	Intensidad de campo en recepción 13
2.23	Supuestos de recepción..... 13
2.24	Canal de recepción..... 14
2.25	El Acuerdo GE06..... 15
2.26	Autointerferencia dentro de una SFN 16

	<i>Página</i>
2.27 Red de frecuencia única.....	16
2.28 Desviación típica	16
2.29 Desviación típica de las amplitudes espectrales (σ_{sp}).....	16
2.30 Corrección- σ_{sp} ($C\sigma$).....	16
2.31 Zona pequeña.....	17
2.32 Transmisor de sustitución	17
2.33 Variante del sistema.....	17
2.34 Intensidad de campo deseada.....	18
3 Métodos de medición.....	18
Adjunto 1 – Verificación de la predicción de cobertura para recepción fija	20
A1.1 Selección de los emplazamientos de medición.....	20
A1.2 Equipo de medición necesario	21
A1.3 Procedimiento de medición	22
A1.4 Evaluación de los resultados.....	24
A1.5 Presentación de los resultados	26
A.1.6 Verificación de la cobertura.....	28
Adjunto 2 – Verificación de la predicción de cobertura para la recepción portátil	29
A2.1 Principio de medición	29
A2.2 Equipo de medición necesario	29
A2.3 Procedimiento de medición	31
A2.4 Evaluación de los resultados.....	33
A2.5 Presentación de los resultados	34
Adjunto 3 – Método simplificado para determinar los bordes de cobertura de transmisores y redes DVB-T/T2	36
A3.1 Introducción	36
A3.2 Parámetros medidos de la señal	36
A3.3 Equipos necesarios.....	36
A3.4 Planificación de la medición.....	37
A3.5 Procedimiento de medición	38
A3.6 Procesamiento de los resultados de medición.....	40
A3.7 Medición en una SFN	42

Página

Adjunto 4 – Método de medición de la cobertura del servicio DVB-T/T2 para recepción fija en zonas definidas.....	43
A4.1 Introducción	43
A4.2 Equipos necesarios.....	44
A4.3 Planificación de la medición.....	45
A4.4 Procedimiento de medición	46
A4.5 Procesamiento de las mediciones	47
A4.6 Visualización de los resultados de la medición	47
Adjunto 5 – Correcciones necesarias de los resultados de la medición.....	48
A5.1 Corrección del canal de recepción (corrección- σ_{sp})	48
A5.2 Corrección de la probabilidad de emplazamiento.....	48
A5.3 Corrección total para cobertura en interiores.....	49

1 Introducción

Los servicios de comprobación técnica deben evaluar la cobertura de las redes de radiodifusión para distintos fines:

- Verificar las predicciones realizadas por las herramientas informáticas utilizadas para la planificación de la red.
- Verificar la conformidad con las condiciones establecidas en la licencia si parte de la licencia de radiodifusión señala que el servicio cubre una cierta zona, un cierto porcentaje de la zona o un cierto porcentaje de la población.
- Evaluar las condiciones de recepción en ciertos emplazamientos donde se ha comunicado la existencia de interferencia.

Debido a ciertas circunstancias y principios inherentes a la recepción de sistemas con modulación digital, la cobertura de las redes de televisión digital terrenal debe medirse de una manera distinta a la de las redes analógicas.

La presente Recomendación describe los principios y procedimientos de medición, así como los equipos necesarios para las evaluaciones de la cobertura fija y móvil de las redes y transmisores de la DVB-T/T2. Está destinada a los servicios de comprobación técnica. Es posible que los radiodifusores que deseen garantizar que su servicio puede recibirse con equipos ya comercializados dentro de la zona de cobertura de su interés deban incluir criterios de calidad de servicio adicionales.

Aunque está especialmente adaptada a la DVB-T/T2, gran parte de la información presentada en esta Recomendación es también válida para otros sistemas de radiodifusión digital terrenal.

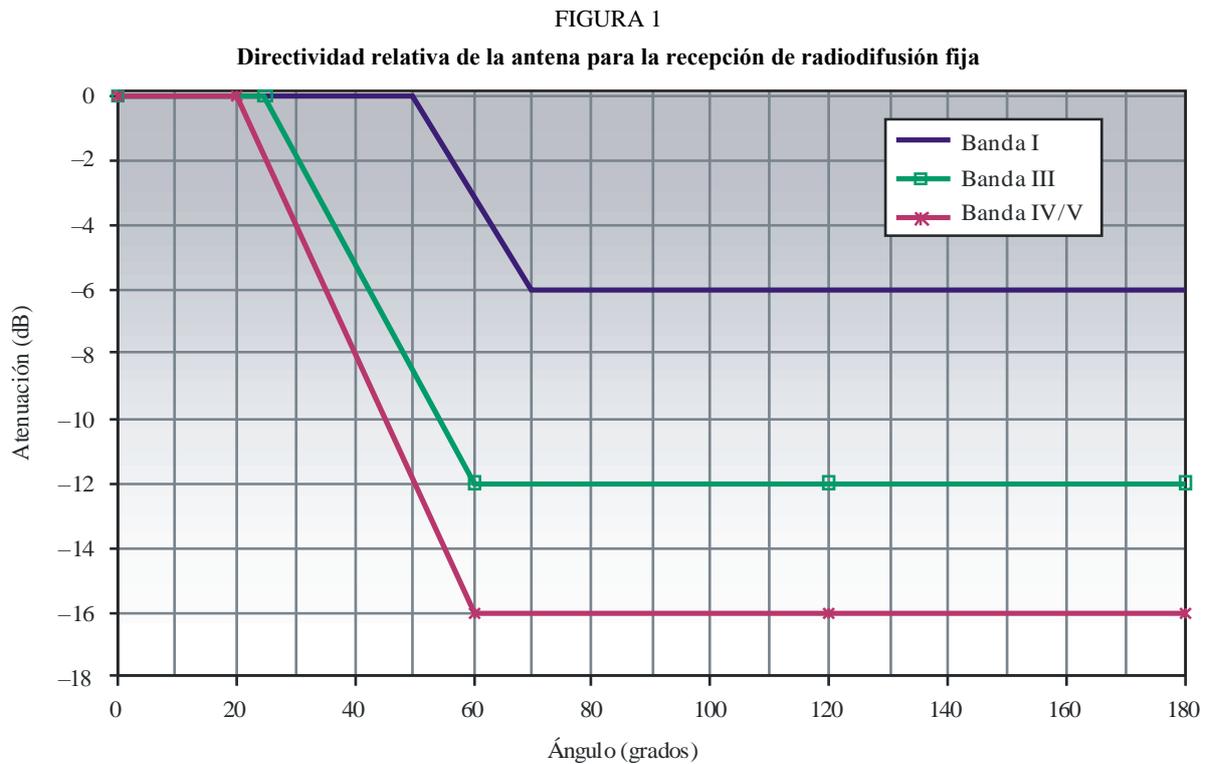
Las mediciones para verificar los parámetros técnicos del transmisor y de la red no son contempladas en esta Recomendación.

2 Términos y definiciones utilizados en esta Recomendación

En la presente Recomendación se emplean los siguientes términos y definiciones. En el caso de términos generalmente conocidos, sus definiciones se interpretan y especializan únicamente para cubrir temas relativos a los sistemas DVB-T/T2 en esta Recomendación.

2.1 Diagrama de antena para recepción fija

El diagrama de antena caracteriza el nivel de salida relativo de una antena cuando la señal se recibe bajo distintos ángulos. La Recomendación UIT-R BT.419 define la directividad de una antena normalizada utilizada para la recepción de radiodifusión fija, como puede verse en la Fig. 1. Para reproducir las condiciones reales de recepción en las instalaciones de abonado, las mediciones de cobertura fija deben efectuarse con una antena de medición que tenga la misma directividad.



SM.1875-01

Las mediciones de cobertura móvil deben realizarse con antenas de medición omnidireccionales. Las máximas pérdidas relativas en cualquier dirección son de ± 3 dB.

2.2 Factor de antena

El factor de antena se utiliza para calcular la intensidad de campo del nivel de salida de la antena. Como generalmente se expresa en dB, la fórmula de cálculo es la siguiente:

$$E = U + K \quad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

donde:

- E : intensidad de campo eléctrico en la antena (dB($\mu\text{V/m}$))
- U : tensión medida a la salida de antena (dB($\mu\text{V/m}$))
- K : factor de antena (dB(1/m)).

El factor de antena depende de la frecuencia y de la ganancia de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$K = 20 \text{ Log}(f) - G_i - 29,774 \text{ (para sistemas de 50 ohmios)}$$

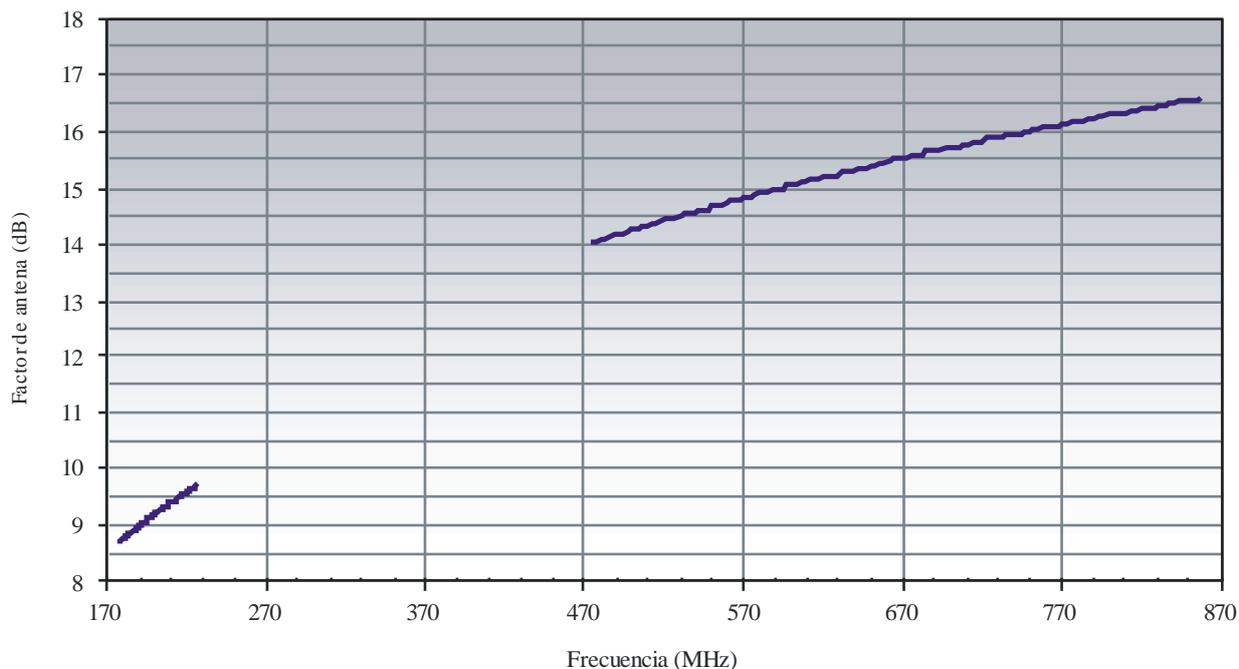
donde:

- f : frecuencia (MHz)
- G_i : ganancia de antena con respecto al radiador isótropo (dB)
- K : factor de antena (dB(1/m)).

La Fig. 2 muestra el factor de antena de la antena normalizada utilizada para la recepción de radiodifusión fija, de conformidad con la Recomendación UIT-R BT.419 en dirección del haz principal que es el mismo que el de la antena empleada para las mediciones de recepción fija.

FIGURA 2

Factor de antena para la recepción de radiodifusión fija



SM.1875-02

2.3 Zona de asignación

Una zona de asignación es una zona de cobertura a la que da servicio uno o más transmisores de la que se conocen todos los parámetros relativos al proceso de planificación, tales como la potencia del transmisor, la altura de la antena y la directividad. La zona de asignación viene limitada por la interferencia procedente de fuentes situadas fuera de esta zona.

2.4 Proporción de bits erróneos

Generalmente, la proporción de bits erróneos (BER) es el número de falsos bits dividido por el número total de bits transmitidos durante un periodo de tiempo determinado. Es una medida de la calidad de recepción de una señal digital. Como la DVB-T utiliza protección contra errores interna y externa, es posible determinar la BER tras el decodificador de Viterbi y tras el decodificador de Reed-Solomon.

Una BER de 10^{-4} tras el decodificador de Viterbi se considera suficiente para la recepción de la DVB-T.

Para la DVB-T2 se utiliza un principio de corrección de errores diferente. El parámetro pertinente para este sistema es la BER después del decodificador LDPC (interno). Para una recepción DVB-T2 casi sin errores se considera suficiente una BER tras LDPC (LBER) de 10^{-7} .

2.5 Célula

Cuadrícula en la que cada cuadrado tiene 500 m de longitud. Dentro de esa zona la desviación normal de la intensidad de campo es igual a 5,5 dB, de conformidad con la Recomendación UIT-R P.1546.

2.6 C/N

Véase relación de protección.

2.7 Zona de cobertura

Una cierta zona se considera «cubierta» por la DVB-T/T2 cuando el valor mediano de la intensidad de campo para la situación de recepción en particular en una determinada altura sobre el nivel del suelo (generalmente 10 m) y la relación de protección alcanzan o rebasan los valores indicados en los documentos de planificación pertinentes (por ejemplo, el Acuerdo GE06 para la DVB-T y el Informe UIT-R BT.2254 para la DVB-T2).

El hecho de que esté cubierta o no una cierta zona es el resultado de un proceso de cálculo realizado con una herramienta de predicción de la cobertura que supone unas condiciones y/o valores definidos para:

- la condición de recepción (por ejemplo, recepción fija o portátil);
- las pérdidas de intensidad de campo con la distancia debidas a la topografía o la morfología del terreno;
- el modelo de receptor (por ejemplo, sensibilidad y selectividad);
- la antena de recepción (altura, ganancia y directividad);
- el canal de recepción (gaussiano, de Rice o de Rayleigh).

Al atributo «cubierta» va unido también una cierta probabilidad en el tiempo y de emplazamiento. Utilizando las herramientas de planificación, la zona de cobertura se calcula para esta probabilidad (por ejemplo, el 50% del tiempo y el 50% de los emplazamientos).

Por tanto, no puede suponerse que la recepción de la DVB-T/T2 con un receptor normalizado es posible en cualquier emplazamiento situado dentro de la zona definida como «cubierta».

La verificación de la cobertura no puede efectuarse con un receptor DVB-T/T2 normalizado comprobando simplemente si funciona en un cierto emplazamiento. En lugar de ello, deben medirse parámetros técnicos tales como la intensidad de campo, preferiblemente bajo las mismas condiciones de recepción supuestas en la herramienta de planificación.

A los efectos de esta Recomendación, la definición de cobertura es semejante al término «cobertura nominal» en la Base de datos de términos y definiciones de la UIT.

2.8 Zona de servicio

La recepción de la DVB-T/T2 se considera posible si en un determinado emplazamiento un receptor típico puede corregir (casi) todos los errores durante el 99% del tiempo y producir una imagen. En las redes DVB-T la BER tras el decodificador de Viterbi debe ser inferior a $2 \cdot 10^{-4}$. En las redes DVB-T2, la BER tras LDPC debe ser inferior a 10^{-7} .

La intensidad de campo necesaria real para obtener una recepción de la DVB-T/T2 satisfactoria depende de:

- la variante del sistema de DVB-T/T2;
- la calidad de funcionamiento del receptor;
- la ganancia de antena;
- el tipo de canal de recepción (gaussiano, de Rice o de Rayleigh).

La verificación de una posibilidad de recepción general puede efectuarse midiendo los siguientes parámetros:

- valor mediano de la intensidad de campo de recepción;
- valor mediano del campo interferente;
- tipo de canal de recepción.

La intensidad de campo interferente o la presencia de una C/I suficiente puede determinarse indirectamente midiendo la BER.

Alternativamente, puede realizarse una prueba de recepción con un receptor de DVB-T normalizado. La experiencia obtenida con estas pruebas demuestra que para la recepción portátil a veces son necesarias intensidades de campo más elevadas que los valores medianos indicados en los acuerdos correspondientes.

A los efectos de esta Recomendación, la zona de servicio, como se define en la Base de datos de términos y definiciones de la UIT, corresponde a la zona en que se cumplen las condiciones expuestas para la posible recepción.

2.9 Predicción de la cobertura

La predicción de la cobertura es un procedimiento para calcular la zona geográfica dentro de la cual es posible recibir el servicio. Se basa en los parámetros del transmisor, en el terreno y en los modelos de propagación y se realiza mediante herramientas informáticas. El resultado representa un emplazamiento definido y una probabilidad de tiempo.

En el Acuerdo GE06 y en el Informe UIT-R BT.2254 los mínimos valores de intensidad de campo para la DVB-T/T2 que deben alcanzarse en el borde de la zona de cobertura son válidos en 10 m por encima del suelo y suponen una recepción fija con antena directiva de acuerdo con las Figs. 1 y 2. Son las medianas de los mínimos valores de intensidad de campo equivalente y dependen de la variante del sistema y del canal de recepción.

2.10 Factor de cresta

El factor de cresta es la relación entre los valores del nivel de cresta y eficaz de una emisión de RF. Normalmente se expresa en dB y en ese caso es la diferencia entre los niveles de cresta y eficaz (dB).

2.11 Intervalo de guarda

Para hacer uso de todas las componentes de la señal entrante procedente de las transmisiones cocanal y las reflexiones que llegan al receptor con distintos ángulos, y con objeto de evitar la interferencia de dos símbolos consecutivos, cada símbolo se transmite con más longitud de la que sería necesaria para decodificar la señal. El tiempo adicional se denomina intervalo de guarda. El proceso de decodificación real dentro del receptor puede arrancar una vez que haya transcurrido el intervalo de guarda. La longitud de este intervalo de guarda depende de la variante del sistema y de la máxima distancia entre los transmisores vecinos en una red de frecuencia única (SFN).

2.12 Pérdida de altura

Se trata de la diferencia entre la intensidad de campo a una altura de 10 m sobre el suelo (referencia para la planificación de la DVB-T/T2) y la intensidad de campo de recepción a una altura de antena más próxima al suelo (por ejemplo, 1,5 m en el caso de recepción portátil). Su valor tiene carácter estadístico.

2.13 Intensidad de campo interferente

La intensidad de campo interferente la producen las señales procedentes de transmisores a la misma frecuencia que no forman parte de la SFN o del transmisor investigado, las señales procedentes de transmisiones en canales vecinos y las señales procedentes de transmisores de la SFN investigada recibidas fuera del intervalo de guarda (autointerferencia). Se forma mediante la adición vectorial de la componente de señal recibida directamente de la fuente de interferencia y las reflexiones debidas a las obstrucciones en el terreno. Varía con el emplazamiento del receptor y como los obstáculos que causan las reflexiones puede que no sean estacionarios, también varía con el tiempo. Por consiguiente, la intensidad de campo interferente real dentro de una cierta zona puede describirse únicamente de manera estadística por un valor mediano y una desviación típica.

La medición práctica de la intensidad de campo interferente puede ser difícil, especialmente si su nivel se encuentra muy por debajo del nivel de la señal deseada y si las señales tanto de la fuente interferente como del transmisor deseado se reciben por la misma dirección. A continuación, se indican las posibles formas de mejorar las condiciones de medición de la intensidad de campo interferente:

- Utilizar una antena de medición con una elevada directividad para separar las señales interferente y deseada cambiando el acimut.
- Medir una señal en una frecuencia distinta a la que se emite desde el mismo emplazamiento que el transmisor interferente. En este caso, puede que sea necesario aplicar correcciones para las distintas pérdidas de atenuación por la diferencia de frecuencias y para las diferentes potencias del transmisor en la frecuencia de medición.
- Desconectar el transmisor deseado o la SFN durante la medición.

Como alternativa puede evaluarse indirectamente la relación entre la intensidad de campo de las señales deseada e interferente (C/I) midiendo la BER en puntos de recepción donde la sincronización es posible.

Cuando la señal interferente se encuentra más de 30 dB por debajo de la intensidad de campo deseada, su influencia sobre la recepción del transmisor deseado o la SFN puede despreciarse.

2.14 Valor mediano

La mediana se calcula a partir de un total de muchas muestras (por ejemplo, una serie de intensidades de campo medidas) de manera que el 50% de todas las muestras rebasan ese valor mediano y el otro 50% de las muestras están por debajo de dicho valor. La mediana es un valor estadístico y especifica una confianza o probabilidad del 50%.

Ejemplo: La intensidad de campo se mide en 100 emplazamientos dentro de una cierta zona. La mediana de todos los valores medidos es 42 dB(μ V/m). Esto significa que la probabilidad de que la intensidad de campo real en **cualquier** emplazamiento de esta zona sea de al menos 42 dB(μ V/m) es del 50%.

La ventaja de utilizar la mediana cuando se especifica la intensidad de campo estadísticamente es que los valores esporádicos que se apartan mucho del valor mediano no tienen tanta influencia en el resultado como la media.

2.15 Mínima intensidad de campo mediana (E_{med})

Se trata de la intensidad de campo mediana basada en cálculos para un cierto porcentaje de emplazamientos dentro de la zona de recepción. En los textos de planificación pertinentes tales como el Acuerdo GE06 para la DVB-T y el Informe UIT-R BT.2254 para la DVB-T2, sus valores se dan para una altura de 10 m sobre el suelo y para una probabilidad de emplazamientos del 50%. Se expresan, además, para cada variante del sistema.

Sin corrección, estos valores sólo representan la hipótesis de recepción fija. En el caso de recepción portátil, los factores de corrección deben aplicarse para las distintas alturas de antena, ganancia de antena, nivel requerido de la probabilidad de emplazamiento y en el tiempo y pérdidas de penetración en los edificios (si ha lugar).

La planificación de la red garantiza que la mínima intensidad de campo deseada se alcanza, al menos teóricamente, en toda la zona de cobertura, dependiendo de la potencia radiada por el transmisor, de la altura de la antena del transmisor y de la topografía del terreno.

2.16 MFN

MFN es la abreviatura de red multifrecuencia. Se trata de una red dentro de la zona de cobertura en la que cada transmisor funciona a una frecuencia diferente.

2.17 Mínimo nivel de señal equivalente

El mínimo nivel a la entrada del receptor necesario para decodificar la señal deseada es la mínima relación señal/ruido (S/N) dependiente del sistema más el factor de ruido del receptor. La mínima S/N permite al receptor decodificar la señal casi libre de errores (QEF). Depende de la variante del sistema y del canal de recepción. El factor de ruido del receptor supone una cierta calidad del receptor y se define como un valor de 6-7 dB en el caso del receptor de DVB-T/T2 típico.

2.18 Mínima intensidad de campo (equivalente) deseada (E_{\min})

Se trata de la mínima intensidad de campo de una sola señal deseada necesaria para que un receptor típico pueda decodificar la señal QEF, en ausencia de cualquier señal interferente. Es el mínimo nivel de señal equivalente a la entrada del receptor más el factor de antena y es válido para un cierto emplazamiento del receptor; es decir, sin correcciones para la probabilidad de emplazamiento y en el tiempo.

2.19 Ganancia de red

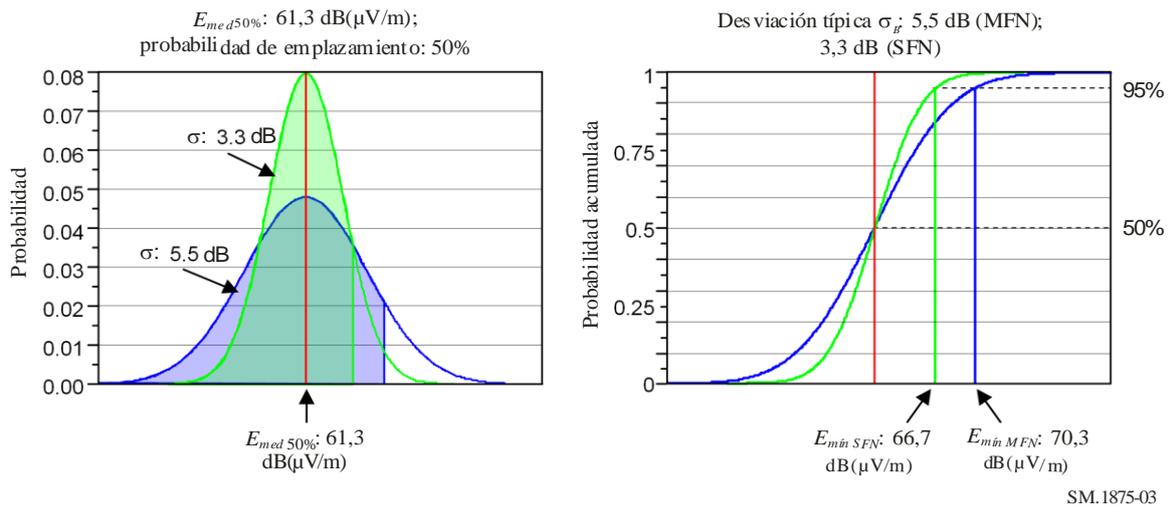
Si las señales procedentes de múltiples transmisores deseados dentro de una SNF pueden recibirse en el intervalo de guarda, la calidad de recepción puede mejorarse y la mínima intensidad de campo deseada procedente de cada transmisor puede ser inferior. Sin embargo, la ganancia de red no es la suma de las intensidades de campo deseadas procedentes de todos los transmisores que puedan recibirse. Se trata simplemente de la mayor probabilidad de recibir una señal más intensa procedente de una dirección adicional que de un solo transmisor únicamente.

La ganancia de red es la diferencia entre las intensidades de campo recibidas dentro de las SFN y MFN necesarias para la misma probabilidad de emplazamiento.

En una SFN, el mayor número de transmisores da lugar a una distribución más homogénea de la intensidad de campo en la zona de cobertura. La desviación típica σ de los valores de intensidad de campo es menor.

Ejemplo: La mínima intensidad de campo mediana para una cierta variante del sistema de conformidad con los acuerdos internacionales E_{med} es 61,3 dB(μ V/m). Esto, por definición, se aplica a una probabilidad de emplazamiento del 50%. En una SFN, la mínima intensidad de campo deseada E_{\min} para una probabilidad de emplazamiento del 95% es 66,7 dB(μ V/m) y en una MFN es 70,3 dB(μ V/m). La ganancia de red es, entonces, 3,6 dB (véase la Fig. 3).

FIGURA 3
Ganancia de red



2.20 Relación de protección

La relación de protección (C/I) es la diferencia entre el nivel de señal deseada y el total de todos los niveles de señal no deseada, expresada en dB. Las relaciones de protección necesarias figuran en el Acuerdo GE06 para la DVB-T y en el Informe UIT-R BT.2254 para la DVB-T2, y dependen de la variante del sistema.

En ausencia de señales interferentes, la única «fuente de interferencia» es el ruido y el valor de C/I es el mismo que el de la relación portadora/ruido (C/N).

2.21 Recepción casi sin errores

Como en muchos sistemas digitales en que se utiliza FEC, la recepción casi sin errores es aquella en la que sólo se produce un error sin corregir cada hora. Para los sistemas DVB-T, las correspondientes BER son:

- $1 * 10^{-11}$ tras el decodificador de Reed-Solomon;
- $2 * 10^{-4}$ tras el decodificador de Viterbi.

Para la DVB-T2, la BER tras LDPC correspondiente es de 10^{-7} .

Estos valores se utilizan generalmente en los acuerdos internacionales, tales como el Acuerdo GE06.

2.22 Intensidad de campo en recepción

La intensidad de campo en recepción está constituida por la suma vectorial de la componente de señal recibida directamente y las reflexiones debidas a obstáculos en el terreno. Varía según el emplazamiento del receptor y como los obstáculos donde se produce la reflexión puede que no sean estacionarios, también varía con el tiempo. Por tanto, la intensidad de campo de recepción real dentro de una cierta zona puede describirse únicamente de manera estadística mediante un valor mediano y una desviación típica.

2.23 Supuestos de recepción

Se han definido los siguientes supuestos de recepción para la DVB-T:

- Recepción fija (FX)
- Recepción portátil en exteriores (PO o «portátil de clase A»)

- Recepción portátil en interiores (PI o «portátil de clase B»)
- Recepción móvil (MO).

En el Cuadro 1 se indican algunos de los principales parámetros y características utilizados en estos supuestos de recepción.

CUADRO 1

Supuestos y parámetros de recepción de la DVB-T/T2

	FX	PO	PI	MO
Emplazamiento de recepción	En el exterior del edificio	En el exterior del edificio	En el interior del edificio	Techos de automóviles
Ganancia de antena	Directiva, 7 ... 12 dBi	Omnidireccional, -2.2 ... 0 dBi	Omnidireccional, -2.2 ... 0 dBi	Omnidireccional, -2.2 ... 0 dBi
Altura de antena	10 m sobre el suelo ⁽¹⁾	Mínimo 1,5 m sobre el suelo	1,5 m sobre el nivel del suelo	1,5 m sobre el suelo
Polarización	Horizontal/vertical	Desacoplamiento sin polarización	Desacoplamiento sin polarización	Desacoplamiento sin polarización
Pérdida en el cable	2 ... 5 dB	0 dB	0 dB	0 dB
Pérdidas de penetración en el edificio	0 dB	0 dB	Ondas métricas: 9 dB Ondas decamétricas: 8 dB Desviación típica: Ondas métricas: 3 dB Ondas decamétricas: 5,5 dB	0 dB

⁽¹⁾ Las herramientas de planificación siempre suponen una altura de antena de 10 m sobre el suelo para la recepción fija. A fin de realizar evaluaciones realistas de la probabilidad de recepción en emplazamientos donde la altura de los tejados supera los 10 m, las mediciones también pueden realizarse a 1,5 m sobre el nivel medio de los tejados.

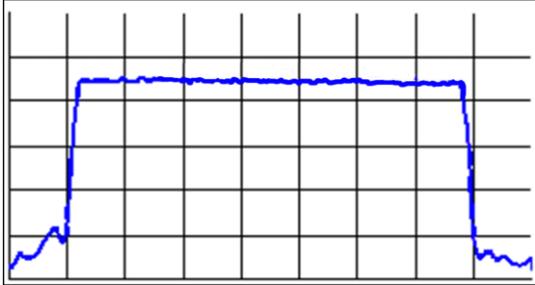
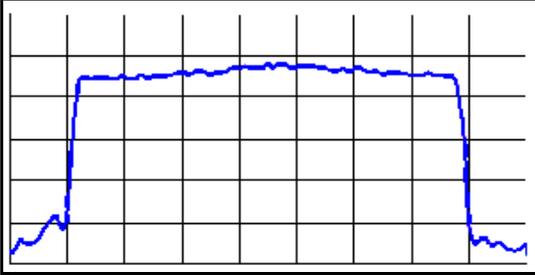
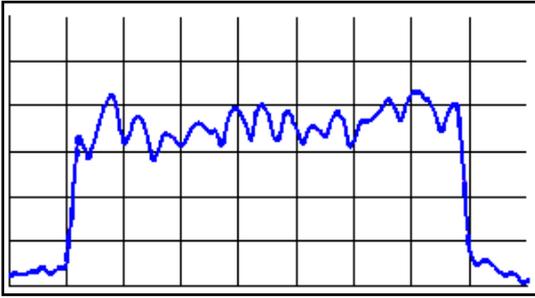
2.24 Canal de recepción

Debido a las reflexiones, las zonas de sombra y la recepción de las señales procedentes de múltiples transmisores de una SFN, el espectro recibido puede degradarse. El orden de esta degradación determina el canal de recepción especificado en el Cuadro 2.

La desviación típica de las amplitudes espectrales σ_{sp} tiene influencia sobre el mínimo nivel de entrada del receptor necesario para decodificar la señal DVB-T/2.

CUADRO 2

Canales de recepción de la DVB-T/2

<p>Canal de Gauss:</p> <p>Sólo se recibe la señal directa procedente de un transmisor en línea de visibilidad directa. No se reciben reflexiones ni emisiones cocanal. Como resultado, el espectro MDFO es rectangular. La desviación típica de las amplitudes espectrales a lo largo de la anchura de banda del canal σ_{sp} se encuentra entre 0 y 1 dB.</p>	
<p>Canal de Rice:</p> <p>Además de la señal directa, se reciben varias reflexiones y señales cocanal más pequeñas. El espectro MDFO muestra ligeras variaciones en amplitud con la frecuencia. La desviación típica de las amplitudes espectrales a lo largo de la anchura de banda del canal σ_{sp} se encuentra entre 1 y 3 dB.</p>	
<p>Canal de Rayleigh:</p> <p>La señal recibida se compone únicamente de reflexiones y componentes procedentes de varios transmisores cocanal. No se recibe ninguna señal directa dominante. El espectro MDFO muestra una fuerte distorsión. La desviación típica de las amplitudes espectrales a lo largo de la anchura de banda del canal σ_{sp} es superior a 3 dB.</p>	

Es importante determinar el tipo de canal de recepción cuando se mide la intensidad de campo de la DVB-T/T2 porque la mínima intensidad de campo requerida de acuerdo con las normas de planificación depende del canal de recepción. Los canales de Rayleigh exigen la mayor intensidad de campo y los canales de Gauss la menor.

La experiencia demuestra que en la amplia mayoría de las situaciones de recepción prácticas los canales son de Rice y de Rayleigh. Los canales de Gauss son muy raros.

2.25 El Acuerdo GE06

Se trata del Acuerdo Regional y sus Anexos junto con sus *Planes* asociados elaborados por la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones de 2006 para la planificación del servicio de radiodifusión digital terrenal en la Región 1 (partes de la Región 1 situadas al Oeste del meridiano 170° E y al Norte del paralelo 40° S, exceptuando el territorio de Mongolia) y en la República Islámica del Irán, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (Ginebra, 2006) (Acuerdo GE06).

2.26 Autointerferencia dentro de una SFN

En este contexto, la autointerferencia dentro de las SFN es la distorsión de la señal recibida debido a la combinación de la componente de señal recibida directamente y:

- las reflexiones de la señal procedente del mismo transmisor;
- las señales procedentes de otros transmisores que emiten a la misma frecuencia y pertenecen a la misma SFN,

que se reciben **fuera** del intervalo de guarda.

2.27 Red de frecuencia única

Una SFN consiste en dos o más transmisores sincronizados en el tiempo y que transmiten el mismo contenido de programa. La planificación de la red debe garantizar que en todos los emplazamientos de recepción situados dentro de la zona de cobertura de la SFN las señales de todos los transmisores que pueden recibirse y participantes en la SFN llegan al receptor dentro de los intervalos de guarda. Esto se realiza seleccionando la variante del sistema y la máxima distancia entre dos transmisores vecinos cualesquiera dentro de la SFN.

2.28 Desviación típica

La desviación típica es un indicador de la varianza en una serie de muestras. Se trata de la desviación media de todas las muestras con respecto a la media aritmética y se puede calcular como sigue:

Media aritmética:
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Desviación típica:
$$\sigma = \sqrt{\frac{(P_1 - \mu)^2 + (P_2 - \mu)^2 + \dots + (P_n - \mu)^2}{n - 1}}$$

donde:

$P_1 \dots P_n$: son valores de las muestras.

2.29 Desviación típica de las amplitudes espectrales (σ_{sp})

Quedó establecido que los niveles normales de desviación de las amplitudes espectrales (véase el § 2.27) medidos en unidades logarítmicas (dB(μ V) o dBm), corresponden a valores de σ_{sp} , facilitados en el § 2.24 Canal de recepción.

2.30 Corrección- σ_{sp} (C_σ)

La relación C/N necesaria que figura en los documentos internacionales pertinentes tales como el Acuerdo GE06 y el Informe UIT-R BT.2254 depende del canal de recepción: los canales de Rayleigh requieren un valor elevado de C/N , los canales de Rice un valor medio y los canales de Gauss el valor más bajo de C/N . Un valor típico que especifica el canal de recepción es la desviación típica de las amplitudes espectrales a lo largo de toda la anchura de banda de la DVB-T/2 (σ_{sp}). Con respecto a los textos internacionales, se supone en este caso que σ_{sp} toma los siguientes valores:

CUADRO 3

Desviación típica de las amplitudes espectrales (σ_{sp})

Canal de recepción	σ_{sp}
Gauss	$\sigma_{sp} \leq 1$ dB
Rice	$1 \text{ dB} < \sigma_{sp} < 3$ dB
Rayleigh	$\sigma_{sp} \geq 3$ dB

Sin embargo, el valor de σ_{sp} en los puntos de medición real a menudo será diferente de estos extremos. Normalmente se encuentra entre 1 y 5 dB. Para comparar la intensidad de campo medida con los valores que aparecen en textos internacionales es preciso determinar el canal de recepción y σ_{sp} para cada medición. Debe sustraerse un valor de corrección C a cada valor medido, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

donde $C/N_{Rayleigh}$ y C/N_{Gauss} se extraen de los textos internacionales pertinentes, tales como el Acuerdo GE06, para la variante del sistema utilizada. Este proceso se denomina corrección- σ_{sp} .

La fórmula establece una interpolación lineal entre los valores de σ_{sp} y más allá de los mismos en los bordes entre los canales de Gauss/Rice y de Rice/Rayleigh (3dB). Dependiendo del canal de recepción, el valor de C también puede ser negativo.

Los gráficos del Adjunto 2 muestran algunos ejemplos de valores de corrección- σ_{sp} .

2.31 Zona pequeña

Una «zona pequeña» es una zona de aproximadamente 100 m \times 100 m dentro de la cual se supone que la intensidad de campo y la situación de recepción son idénticas. Se utiliza para convertir mediciones realizadas en emplazamiento específicos en una evaluación de la situación dentro de una zona. Las mediciones de la intensidad de campo, el canal de recepción y la BER se realizan en uno o más emplazamientos dentro de la zona pequeña. Si se toman medidas en múltiples emplazamientos, se calculan los valores medianos. Se supone que los resultados son válidos para una zona pequeña en su integridad.

2.32 Transmisor de sustitución

Se trata de un transmisor que funciona en el mismo emplazamiento que el transmisor que va a medirse, pero a distinta frecuencia. El transmisor de sustitución puede utilizarse para realizar las mediciones si el transmisor original aún no ha sido ajustado o si su señal se encuentra fuertemente interferida por otras señales no deseadas. Si no hay transmisor de sustitución, es posible emplear un transmisor de prueba ajustado únicamente para efectuar las mediciones.

2.33 Variante del sistema

Varios parámetros del sistema DVB-T/T2 pueden ajustarse de acuerdo con las necesidades de planificación de la red. El conjunto de parámetros seleccionado determina la variante del sistema. Los parámetros variables principales se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO 4

Principales parámetros que definen la variante del sistema DVB-T/T2

Parámetros	DVB-T	DVB-T2
Ancho de banda RF	7 MHz, 8 MHz	1,7 MHz, 5,0 MHz, 6,0 MHz, 7,0 MHz, 8,0 MHz
Número de subportadoras	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Modulación de la subportadora	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-256
Velocidad de código	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Intervalo de guarda	1/8, 1/4	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
Rotación del diagrama de constelación	No	Sí

2.34 Intensidad de campo deseada

Es la intensidad de campo recibida total de un transmisor deseado o de una red en cualquier emplazamiento de recepción. Al comparar los valores de intensidad de campo medidos de una SFN con los valores de intensidad de campo necesarios, la intensidad de campo deseada puede incrementarse mediante la ganancia de la red.

3 Métodos de medición

En los siguientes Adjuntos se describen los diferentes métodos de medición y evaluación de la cobertura del servicio DVB-T/T2.

En el Adjunto 1 se describe un método para verificar las predicciones de zona de cobertura para recepción fija. Se basa en el principio de que las mediciones reales se toman sólo dentro de determinadas zonas de prueba. Las zonas de prueba están situadas en pueblos o ciudades situadas en los bordes de la cobertura predicha. Mediante la evaluación de las mediciones de intensidad de campo realizadas en determinados emplazamientos dentro de las zonas de pruebas se compara la situación de cobertura real con la zona de cobertura predicha. Si la cobertura medida coincide o supera la predicción en las zonas de prueba, puede suponerse que lo mismo ocurre en toda la zona de servicio del transmisor o la red DVB-T/T2.

En el Adjunto 2 se describe un método para verificar las predicciones de zona de cobertura para recepción portátil. Se basa en el principio de que una gran cantidad de muestras de intensidad de campo se toman conduciendo a lo largo de la mayoría de carreteras dentro de determinadas zonas de prueba. Las zonas de prueba están situadas en pueblos o ciudades que se encuentran en los bordes de la cobertura predicha. Tras aplicar varias correcciones (por ejemplo, para el trayecto de recepción y el hecho de que la recepción portátil se mide en movimiento), se compara el porcentaje de muestras de intensidad de campo medidas que superan la intensidad de campo mínima requerida con el porcentaje de cobertura predicho dentro de la zona de prueba. Si la cobertura medida coincide con la predicción o la rebasa en las zonas de prueba, puede suponerse que lo mismo ocurre en toda la zona de servicio del transmisor o la red DVB-T/T2.

En el Adjunto 3 se describe un método simplificado para determinar los bordes de la cobertura de un transmisor o red DVB-T/T2 para recepción fija. Se basa en el principio de que las mediciones de intensidad de campo se realizan en determinados emplazamientos a lo largo de las rutas que van desde o hacia el/los transmisor(es). Se calcula la curva de intensidad de campo en función de la distancia que mejor se ajuste a los resultados de la medición. La distancia en que esta curva de intensidad de campo alcanza la intensidad de campo mínima requerida, de acuerdo con los criterios de planificación, determina el borde de la cobertura del transmisor o la red DVB-T/T2. Este método revela su mayor eficacia cuando se dispone de predicciones de cobertura, pues así se pueden seleccionar puntos de medición sólo en torno al borde de cobertura predicho. Sin embargo, también funciona, aunque no se tenga un conocimiento *a priori* de la zona de cobertura.

En el Adjunto 4 se describe un método para verificar la cobertura real en zonas de interés específicas. Tales zonas pueden ser, por ejemplo, distritos con terreno heterogéneo, donde los modelos de propagación no son fiables, o asentamientos donde se sabe que hay problemas de recepción de la DVB-T/T2. Se basa en el principio de que las mediciones de intensidad de campo y BER se toman en una serie de zonas pequeñas, situando una cuadrícula de medición sobre la zona de interés. Cuando se alcanza la intensidad de campo mínima requerida, o se supera, y la BER pertinente es lo suficientemente baja, se considera que la zona pequeña está cubierta. Si se utiliza este método para estudiar zonas donde se sabe que hay interferencia, no es necesario conocer las predicciones de cobertura.

En el caso de la recepción fija no hay un único método de medición de la cobertura óptimo en todas las condiciones de medición posibles. En función del tipo de red DVB-T/T2 (SFN o MFN), del tamaño de la zona de cobertura, el terreno, la presencia o ausencia de interferencia externa e interna y de los fines de la medición, podrá considerarse que uno de los métodos de los Adjuntos 1, 3 y 4 es más adaptado para medir la cobertura de DVB-T/T2 y comparar las predicciones de cobertura que cualquiera de los otros dos métodos. En el siguiente cuadro se presenta información orientativa sobre la aplicabilidad de los distintos métodos de medición.

CUADRO 5

Comparación de los métodos de medición para la recepción fija

Tema/punto	Método del Adjunto 1	Método del Adjunto 3	Método del Adjunto 4
Disponibilidad de predicciones de cobertura	Necesaria	No es necesaria, pero facilita considerablemente las mediciones	No es siempre necesaria; depende del objetivo de la medición
Aplicable con SFN	Sí	En general, sí, pero la medición se dificulta al aumentar el número de transmisores de la SFN	Sí
Esfuerzo de medición	Elevado para una buena precisión; depende del número de zonas de prueba	Bajo, sobre todo si se dispone de predicciones de cobertura	Elevado
Terreno de la zona de cobertura	Cualquiera	Preferentemente plano	Cualquiera

En relación con los métodos de medición recomendados se han de tener en cuenta los siguientes puntos:

- a) Los métodos de los Adjuntos 1 y 2 no permite evaluar correctamente la degradación de la recepción causada por autointerferencia, pues no siempre es posible distinguir la intensidad de campo deseada y no deseada. El método del Adjunto 4 mide indirectamente la intensidad de campo interferente evaluando la BER. Si en emplazamiento con una intensidad de campo deseada suficiente la recepción no es posible o la BER es demasiado elevada, la causa sólo pueden ser señales interferentes, ya sean externas o de autointerferencia.
- b) La ganancia de red de una SFN, que se calcula a partir de la distribución de la intensidad de campo medida con los métodos 1 y 2, puede diferir de la ganancia de red supuesta por las herramientas de planificación.
- c) La medición de la BER depende inherentemente del receptor DVB-T/T2 utilizado, sobre todo su factor de ruido. Para minimizar esa influencia, se han de tomar medidas para alcanzar un factor de ruido del receptor total máximo de 6-7 dB, como se supone en la planificación. Esto puede lograrse, por ejemplo, insertando un amplificador de bajo ruido externo frente al receptor de medición.
- d) Las herramientas de planificación no predicen los reflejos de la señal deseada en los puntos de medición, pero éstas sí se incluyen en los resultados de la medición. Sus efectos pueden ser constructivos o destructivos, en función del retardo relativo de la señal directa o de otros reflejos.

Por los motivos expuestos, aunque la predicción pueda considerarse realista, los resultados de la medición de la cobertura en determinados puntos o zonas de recepción pueden diferir de las predicciones de la zona de cobertura.

Adjunto 1

Verificación de la predicción de cobertura para recepción fija

A1.1 Selección de los emplazamientos de medición

Para verificar exactamente la zona de cobertura verdadera, deben efectuarse mediciones en prácticamente todos los emplazamientos situados dentro de la zona. A fin de mantener a un nivel realizable el número de mediciones, éstas se limitan a un cierto número de zonas de prueba cercanas al borde de la zona de cobertura prevista del transmisor DVB-T/T2 o la red SFN. La cobertura medida dentro de las zonas de prueba se extrapola para verificar la cobertura predicha para toda la red. A fin de lograr la precisión necesaria en la extrapolación, el número de zonas de prueba ha de ser suficiente.

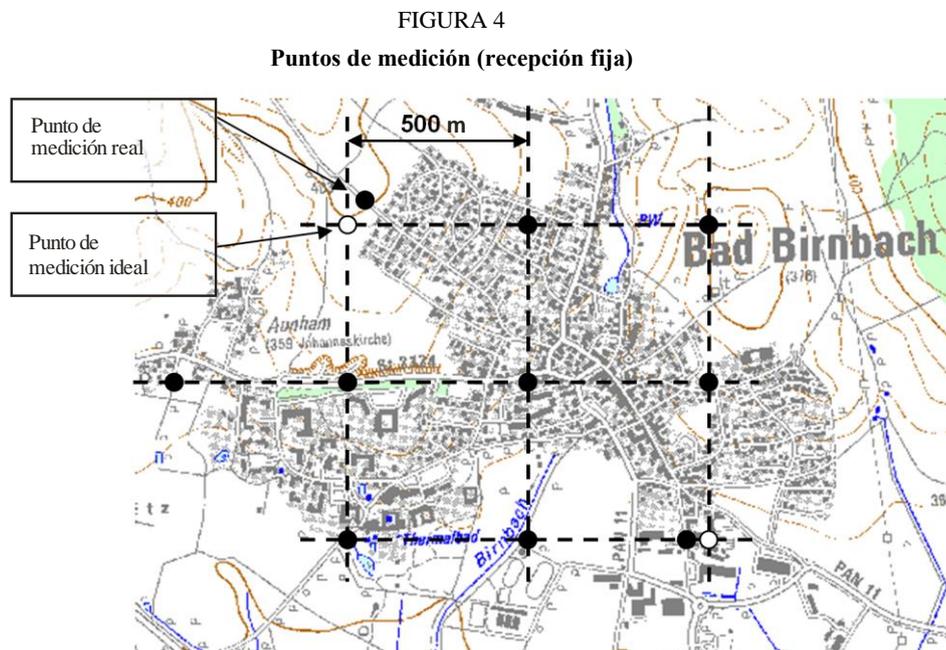
De preferencia las zonas de prueba se situarán:

- en el borde de la zona de cobertura predicha;
- en regiones con una alta densidad de población, obviando las regiones donde la recepción no es necesaria;
- en regiones con terrenos diferentes (montañoso y plano);
- en diferentes direcciones con respecto al transmisor o la red DVB-T/T2.

El número de zonas de prueba seleccionadas depende de lo siguiente:

- diferencias del terreno en la zona de cobertura prevista y a su alrededor;
- precisión necesaria para evaluar la cobertura;
- esfuerzo de medición máximo factible.

A fin de determinar los emplazamientos de medición reales, se sitúa una retícula cuadrangular o triangular de 500 m de lado sobre cada zona de prueba (véase la Fig. 4)



SM.1875-04

A veces, el punto de medición ideal no será accesible debido a los edificios, a carreteras inexistentes y a otros problemas. En este caso, debe elegirse el punto de medición accesible más cercano, preferiblemente situado a una distancia inferior a 50 m del punto de medición ideal. Si es posible, los puntos de medición reales no deben estar obstruidos por edificios de altura superior a 10 m. Si no es posible (especialmente en el caso de grandes ciudades) y cuando deban medirse al menos otros 30 emplazamientos más en la zona, puede descartarse ese punto de medición. De no ser así, debe elegirse el mejor compromiso entre la distancia al punto de medición ideal y una recepción libre de obstáculos. El resultado puede ser que el punto de medición no quede cubierto, pero esta situación refleja la realidad que experimentaría el usuario.

A1.2 Equipo de medición necesario

Con objeto de verificar las predicciones de cobertura para una recepción fija de la DVB-T/T2, se necesitan los siguientes equipos:

CUADRO 6

Equipo necesario para verificar la recepción fija de la DVB-T/T2

	Tipo de equipo	Funciones necesarias, observaciones
Montaje general	Vehículo de medición	Mástil de antena giratorio que puede elevarse hasta 10 m de altura por encima del sistema de determinación de la posición (por ejemplo, el GPS)
Receptor	Analizador de espectro	Interfaz de datos a los ordenadores (por ejemplo, LAN, IEEE488.2). Capacidad de medición de la potencia de canal. Detector de muestras. Función preferida: detector de valor eficaz
Antena	LogPer o Yagi	Montada en el mástil del vehículo de medición. Debe ser posible la polarización horizontal y vertical. Debe conocerse el factor de antena (calibrado)
Control de medición	Programa informático	Almacenamiento de datos de la traza del analizador de espectro. Almacenamiento de los resultados de la medición de la potencia de canal. Almacenamiento de los datos del sistema de determinación de la posición. Función preferida: Ajuste del analizador y realización de las mediciones de forma automática.

A1.3 Procedimiento de medición**A1.3.1 Señales deseadas**

En todos los puntos de medición, se determina la intensidad de campo de todos los transmisores deseados de la SFN que contribuye a la cobertura. Ello se realiza mediante una antena de medición directiva situada a una altura de 10 m sobre el nivel del suelo girada hacia la dirección verdadera del transmisor deseado (en las SFN para cada transmisor deseado separadamente). La polarización de la antena de medición debe ser la misma que utiliza el transmisor. En las SFN con polarización mixta, la intensidad de campo deseada para las posiciones horizontal y vertical debe medirse por separado, utilizándose el valor más elevado.

A continuación, se mide la máxima intensidad de campo deseada girando la antena directiva 360°. La dirección verdadera hacia el transmisor deseado proporciona el mayor valor de intensidad de campo deseada y debe anotarse la dirección en la que se obtiene el máximo valor de intensidad de campo deseada.

A1.3.2 Señales no deseadas

Si hay una fuerte interferencia producida por transmisores cocanal o de canal adyacente no deseados, la intensidad de campo interferente también se mide utilizando el mismo procedimiento descrito anteriormente. Si no puede lograrse una separación entre las señales de los transmisores deseado y no deseado o si la señal del transmisor deseado es demasiado intensa, puede que sea preciso desconectarlo durante la medición o utilizar un transmisor de sustitución.

Si se reciben señales interferentes de gran intensidad procedentes de más de un transmisor, el nivel interferente para cada máximo debe medirse por separado empleando la directividad de la antena de medición. La evaluación de los resultados debe realizarse para cada combinación de señal deseada y no deseada por separado. Únicamente si todas las combinaciones satisfacen los procedimientos de evaluación, se cubre el punto.

Si se dispone de un receptor de medición DVB-T/T2, la lectura de la célula de ID puede ayudar a identificar el transmisor recibido, siempre que no sea un transmisor de la misma SFN.

Es preferible realizar la propia medición con un analizador de espectro ajustado como sigue:

- Modo de medición: potencia de canal.
- Anchura de banda de canal: 7 MHz u 8 MHz.
- Anchura de banda de resolución (RBW): 30 kHz o automática (no superior a 100 kHz).
- Detector: de valor eficaz o de muestra.
- Modo de traza: impresión tras borrado (ClearWrite).
- Tiempo de barrido: 0,5 ... 1 s.
- Unidad: dB(μ V) o dBm.

Durante un tiempo de medición de al menos 1 minuto, deben realizarse 60 mediciones (muestras) y debe almacenarse como resultado la mediana de las mismas. Este procedimiento minimiza la influencia de la interferencia EMC.

Como los mínimos valores de intensidad de campo para la DVB-T/T2 son distintos para los canales Gaussiano, de Rice y de Rayleigh, debe determinarse el canal de recepción para cada emplazamiento de medición. Esto se hace registrando una traza del espectro de señal con una pequeña RBW y calculando la desviación típica σ_{sp} de las densidades espectrales resultantes.

Esta medición se efectúa ajustando de la siguiente forma el analizador de espectro:

- Margen de medición: 6,5 MHz (canal de 7 MHz) o 7,6 MHz (canal de 8 MHz).
- RBW: 30 kHz.
- Detector: de valor eficaz (preferible) o de muestras (si no se dispone de un detector de valor eficaz).
- Modo de traza: ClearWrite (si se emplea un detector de valor eficaz), promediada en 200 barridos (si se utiliza un detector de muestras).
- Tiempo de barrido: 2 s (si se utiliza un detector de valor eficaz), 10 ms (si se utiliza un detector de muestras).
- Unidad: dB(μ V) o dBm.

El tiempo de barrido lento (o el tiempo de promediación largo) es necesario para garantizar que los niveles espectrales resultantes no están influenciados por la modulación de la señal.

La determinación del canal de recepción debe efectuarse separadamente para cada medición de intensidad de campo.

Dependiendo de la intensidad de campo medida y del canal de recepción, puede variar la distancia hasta el siguiente punto de medición de acuerdo con el Cuadro 7.

CUADRO 7

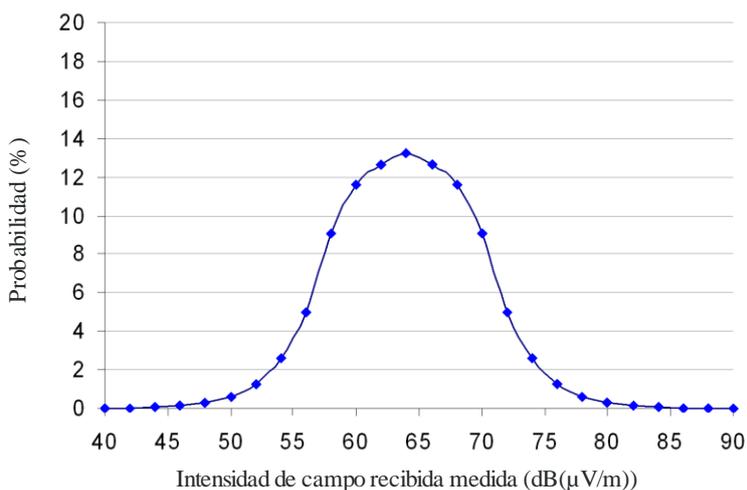
Distancia entre puntos de medición vecinos

Canal de recepción	Intensidad de campo deseada medida e (dB)	Distancia hasta el siguiente punto de medición (m)
Gaussiano o de Rice	$e \geq E_{med} + 10$	1 000
Gaussiano o de Rice	$e < E_{med} + 10$	500 (típica)
Rayleigh	(cualquiera)	250

A1.4 Evaluación de los resultados**A1.4.1 Verificación de la distribución de intensidad de campo homogénea**

Para comprobar que la intensidad de campo dentro de la zona de medición es homogénea y que, dependiendo de los canales de recepción, se han tomado suficientes muestras de medición, conviene dibujar la distribución estadística de los valores de intensidad de campo medida como muestra la Fig. 5. El gráfico representa el porcentaje de muestras de medición con un cierto valor de intensidad de campo (en el eje y) en función de ese valor (eje x).

FIGURA 5

Distribución de la intensidad de campo de recepción (recepción fija)

SM.1875-05

En el ejemplo mostrado, el 13% de todos los valores medidos de intensidad de campo recibida son 64 dB(μV/m). La curva es relativamente estrecha y Gaussiana. En este caso, puede suponerse que el campo es relativamente homogéneo dentro de la zona de medición. Si la curva es plana, ancha o no se asemeja a una distribución Gaussiana, el campo presenta perturbaciones y en ese caso es necesario realizar nuevas mediciones con una retícula de 250 m.

Debe insistirse en que el requisito de distribución de la intensidad de campo dado en esta sección sólo puede utilizarse para áreas de estudio situadas lo suficientemente lejos de la estación transmisora y con límites en forma de casi cuadrado o de casi círculo, en los demás casos este requisito puede no cumplirse.

A1.4.2 Corrección para el canal de recepción

Como se ha dicho en el § 2.24, los acuerdos internacionales, tales como el Acuerdo GE06 para la DVB-T, indican unos valores distintos de C/N y/o de mínimas intensidades de campo requeridas dependiendo del canal de recepción. Estos canales de recepción están idealizados en el sentido de que, por ejemplo, se supone que el canal de Rayleigh presenta una desviación típica de σ_{sp} de 3 dB. Normalmente, se reciben señales procedentes de diferentes canales de recepción. Para combinar correctamente las intensidades de campo de estas señales, se añade una corrección (C_σ) a todos los valores de medición de acuerdo con el § 2.29 y el Adjunto 2 (Corrección- σ_{sp}). Con ello se normalizan todas las intensidades de campo medidas a una σ_{sp} de 3 dB. Sólo entonces se compara el resultado con los valores de C/N y/o con los mínimos valores de intensidad de campo mediana para los canales de Rayleigh en los acuerdos internacionales.

A1.4.3 Corrección de la probabilidad en el tiempo de las señales interferentes

Si se recibe una interferencia significativa, los valores de medición de la intensidad de campo interferente realizada en instantes aleatorios se considera que tiene una probabilidad en el tiempo del 50%. Para asegurar que debido a las cambiantes condiciones de propagación la intensidad de campo interferente no será significativamente más elevada que la intensidad de campo medida, los valores de medición deben corregirse a una probabilidad en el tiempo del 99%. El valor de corrección necesario puede determinarse empleando la Recomendación UIT-R P.1546.

A1.4.4 Decisión sobre si queda un cierto punto de medición

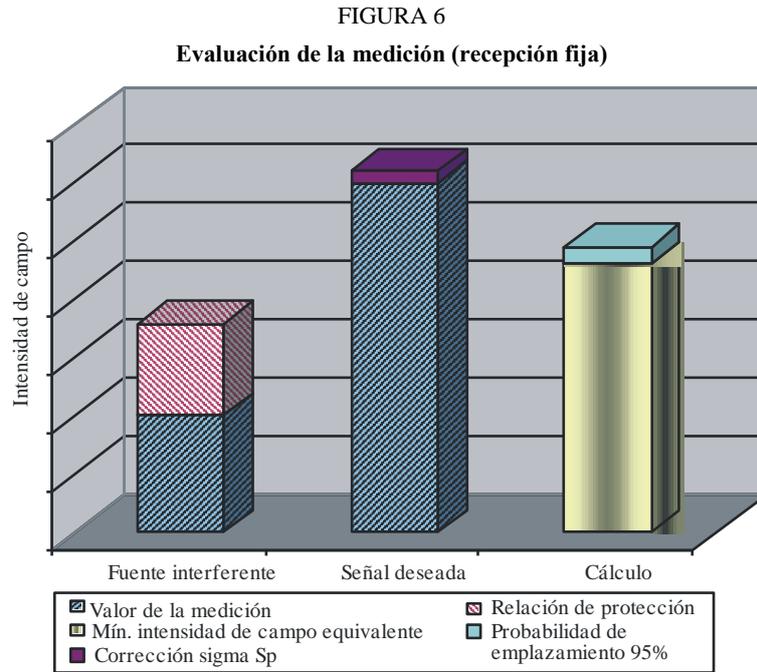
El resultado corregido en σ_{sp} de la medición debe evaluarse para cada emplazamiento de medición por separado. Deben distinguirse los siguientes casos posibles:

- a) La máxima intensidad de campo deseada procede de la dirección del transmisor deseado y la máxima emisión no deseada procede de la dirección del transmisor interferente.
- b) La máxima intensidad de campo deseada procede de la dirección del transmisor deseado y la máxima emisión no deseada procede de una reflexión del transmisor interferente.
- c) La máxima intensidad de campo deseada procede de una reflexión del transmisor deseado y la máxima emisión no deseada procede de la dirección del transmisor interferente.
- d) La máxima intensidad de campo deseada procede de una reflexión del transmisor deseado y la máxima emisión no deseada procede de una reflexión del transmisor interferente.

Para determinar si es posible obtener una recepción adecuada del servicio con un nivel de confianza suficiente, deben compararse las tres siguientes componentes:

- La suma de la intensidad de campo interferente medida y la relación de protección requerida para el servicio.
- La intensidad de campo deseada medida, incluida la corrección- σ_{sp} .
- La suma de la mínima intensidad de campo deseada (E_{min}) y la corrección para la probabilidad de emplazamiento de acuerdo con el Adjunto 2 (C_1).

Estas componentes se muestran en los tres bloques de la Fig. 6.



SM.1875-06

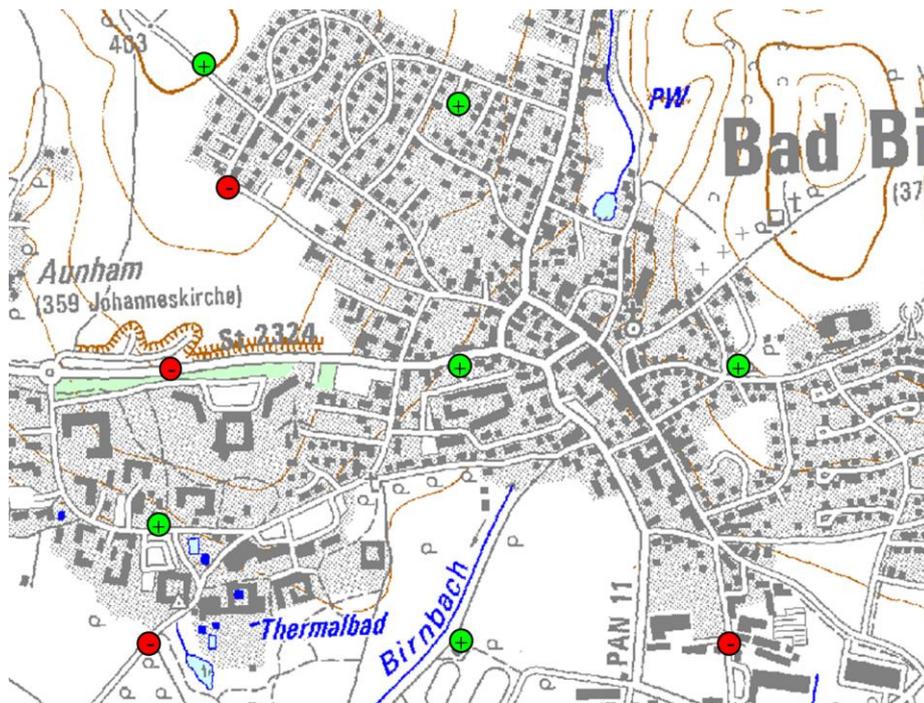
Si el bloque de la señal deseada supera la altura de los otros dos bloques, la recepción fija es posible con una probabilidad del 95% en los casos a) y b) anteriores. Si la cobertura debe evaluarse para otras probabilidades en el tiempo, la corrección del 50% al 95% debe sustituirse por el valor equivalente de la probabilidad requerida.

Para los casos c) y d) no hay aún garantía de una recepción adecuada en todo instante. Por consiguiente, es preciso repetir las mediciones posteriormente y/o en emplazamientos de medición (ligeramente) distintos para aumentar el nivel de confianza del resultado o determinar la probabilidad en el tiempo a largo plazo de que un punto en particular quede cubierto. Los resultados de cada medición en ese emplazamiento en concreto deben evaluarse por separado. Si el resultado de la medición se emplea para garantizar la recepción a largo plazo en todo instante, los puntos de medición para los casos c) y d) deben considerarse no cubiertos. En otros casos puede anotarse que algunos emplazamientos concretos sólo quedan cubiertos en ciertos instantes.

A1.5 Presentación de los resultados

Una forma evidente de presentar los resultados consiste en dibujarlos sobre un mapa, como indica la Fig. 7. En este caso, los emplazamientos de medición donde es posible la recepción se representan como puntos de color verde (brillante) y los puntos de medición donde no es posible la recepción aparecen como puntos de color rojo (oscuro). También puede verse que entre algunos emplazamientos de medición originales se han insertado puntos adicionales que coinciden aproximadamente con las intersecciones de una retícula de 250 m (véase también la Fig. 4).

FIGURA 7
Resultados de la medición (recepción fija)



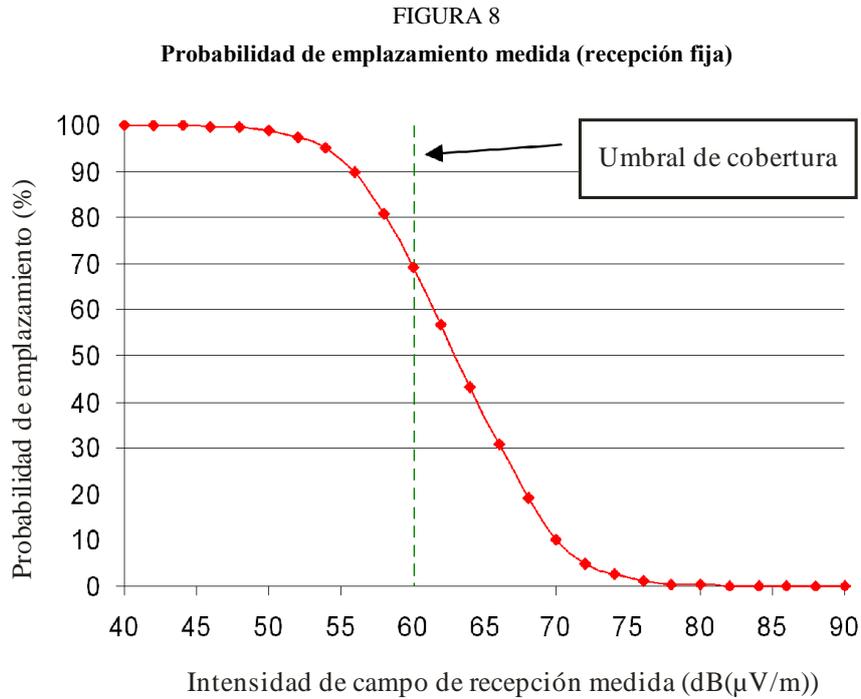
SM.1875-07

Siempre que se realicen suficientes mediciones, también es posible determinar la probabilidad de emplazamiento con la que es posible la recepción del servicio dentro de la zona de medición. Esto se hace representando el porcentaje de los valores de medición con corrección- σ_{sp} que rebasan una cierta intensidad de campo en función de dicha intensidad de campo. En la Fig. 8 aparece un ejemplo.

El umbral de cobertura es el mayor valor entre los dos siguientes:

- La suma de la intensidad de campo interferente medida más la relación de protección necesaria para el servicio (se trata del bloque «Fuente interferente» de la Fig. 6).
- La suma de la mínima intensidad de campo deseada (E_{min}) y la corrección para la probabilidad de emplazamiento requerida (C_1) de acuerdo con el Adjunto 2 (se trata del bloque «calculado» de la Fig. 6).

En el ejemplo de la Fig. 8 el umbral de cobertura es $60 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ que es alcanzado o rebasado por el 70% de las muestras de medición. Ello significa que la recepción será posible en el 70% de los emplazamientos dentro de la zona de medición o, en otras palabras, la zona de medición queda cubierta con una probabilidad del 70%.



SM.1875-08

A.1.6 Verificación de la cobertura

La comparación entre la cobertura planificada y la cobertura medida se realiza de la siguiente manera:

- 1) Se calcula el porcentaje de cobertura conforme a las herramientas de planificación, A_p , en cada zona de prueba.
- 2) Se calcula el porcentaje de zonas pequeñas en la retícula de medición original (véase la Fig. 4) de cada zona de prueba cuya cobertura se ha medido (A_c = puntos verdes en la Fig. 7 en relación con el número total de zonas pequeñas en la retícula de medición).
- 3) Se comparan A_p y A_c en cada zona de prueba. Si $A_c \geq A_p$, la zona de prueba correspondiente está cubierta, al menos en la medida prevista en la planificación.

Si se considera que el número de zonas de prueba es suficiente y que su emplazamiento es representativo del terreno al que se ha de dar cobertura, y si en la mayoría de zonas de prueba se alcanza o supera el porcentaje de cobertura planificado, se supone que la zona de cobertura total de la estación o red DVB-T/T2 es, como mínimo, tan grande como la zona de cobertura planificada.

Adjunto 2

Verificación de la predicción de cobertura para la recepción portátil

A2.1 Principio de medición

Para verificar exactamente la zona de cobertura verdadera, deben realizarse mediciones en prácticamente todos los emplazamientos situados en el interior de la zona. A fin de mantener la cantidad de mediciones en un nivel razonable, su número se ha limitado.

La recepción portátil normalmente se define en una altura de 1,5 m sobre el nivel del suelo. Estando tan próxima al suelo, será raro encontrar una línea de visibilidad directa hasta el transmisor dominado por la señal directa, especialmente en entornos urbanos. La mayoría de los canales de recepción serán de Rayleigh. Por tanto, es necesario llevar a cabo mediciones móviles para recopilar suficientes muestras de medición a fin de obtener unos resultados estadísticamente significativos.

Es importante observar que los requisitos de la recepción portátil y la recepción móvil son distintos. Como el método de medición aquí descrito se centra en los valores de intensidad de campo únicamente, sigue siendo posible extraer conclusiones sobre la recepción portátil cuando de hecho la propia medición es móvil.

Para la DVB-T la documentación pertinente (por ejemplo, el Acuerdo GE06) sólo especifica los mínimos valores medianos de intensidad de campo a una altura de 10 m sobre el suelo. Con objeto de calcular las intensidades de campo necesarias para la recepción portátil a una altura de 1,5 m, deben aplicarse varias correcciones que se calculan de acuerdo con el Adjunto 5.

Ejemplo:

El Acuerdo GE06 especifica una mínima intensidad de campo equivalente (E_{\min}) de 47,3 dB(μ V/m) para la recepción portátil en exteriores con una desviación típica para la distribución de amplitud espectral de $\sigma_{sp} = 3$ en el canal 24 de TV. Este valor está libre de cualquier margen y representa la intensidad de campo más baja para una recepción adecuada. A fin de calcular la intensidad de campo necesaria para la recepción portátil en interiores, deben añadirse correcciones para tener en cuenta las pérdidas de penetración en el edificio y las diferentes probabilidades de emplazamiento dentro del edificio. En nuestro ejemplo, deben añadirse 10,9 dB para la recepción portátil en interiores con una probabilidad de emplazamiento del 70% (véase el Adjunto 5), de manera que el mínimo valor mediano de la intensidad de campo es 58,2 dB(μ V/m).

Para la DVB-T2 en el Informe UIT-R BT.2254 se especifican también las intensidades de campo medianas mínimas (E_{med}) para la recepción portátil en exteriores (interiores y exteriores) para una variante de sistema ejemplo. Los valores correspondientes para las demás variantes de sistema pueden calcularse intercambiando los valores de la C/I .

La medición se lleva a cabo mientras se desplaza el automóvil a lo largo de la mayoría de las carreteras situadas dentro de la zona de medición que representa una población o una ciudad en el contorno (o borde) exterior de la zona de cobertura prevista. Los resultados pueden compararse directamente con el mínimo valor mediano de la intensidad de campo para la recepción portátil.

A2.2 Equipo de medición necesario

Con objeto de verificar las predicciones de cobertura para la recepción DVB-T/T2 portátil son necesarios los siguientes equipos:

CUADRO 8

Equipos necesarios para verificar la recepción DVB-T/T2 portátil

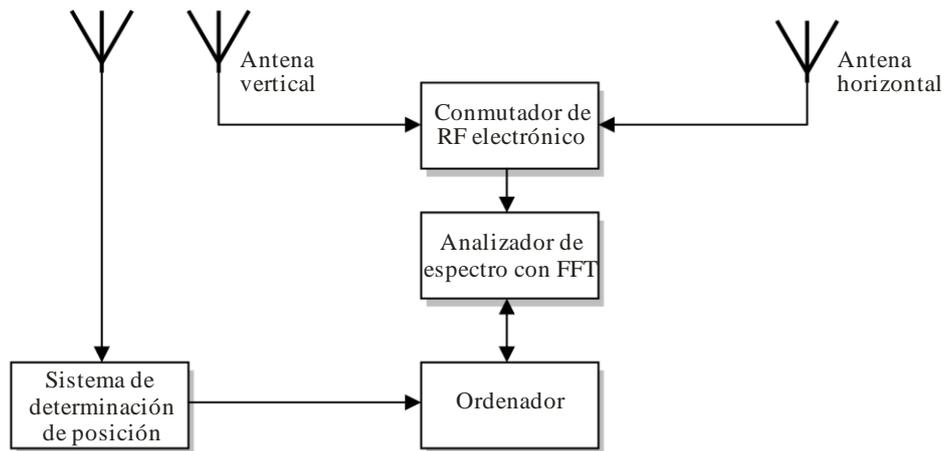
	Tipo de equipo	Funciones necesarias, observaciones
Montaje general	Vehículo de medición	Pueden adaptarse múltiples antenas al techo a 1,5 m aproximadamente por encima del sistema de determinación de posición (por ejemplo, un GPS)
Receptor (normalizado)	Analizador de espectro	Interfaz de datos a los ordenadores (por ejemplo, LAN, IEEE488.2). Modo de medición de la potencia de canal. Detector de muestras. Función preferida: detector de valor eficaz
Receptor (opcional) ⁽¹⁾	Receptor de banda ancha/analizador con FFT	Mínima anchura de banda de captura: 10 MHz. Interfaz de datos a los ordenadores (por ejemplo, LAN, IEEE488.2). Modo de medición de potencia de canal
Antena	Dos antenas omnidireccionales ⁽²⁾	Montadas en la parte superior del vehículo de medición. Una antena con polarización horizontal y otra con polarización vertical Debe conocerse el factor de antena (calibrada)
Conmutador de antena	Conmutador de RF controlable por ordenador	Velocidad de conmutación: $\geq 40/s$
Control de la medición	Programa informático	Ajuste automático del analizador, posición del conmutador de antena, lleva a cabo las mediciones y presenta los resultados en la pantalla en tiempo real Almacena los datos de la traza del analizador de espectro. Almacena los resultados de la medición de potencia de canal. Almacena los datos del sistema de posicionamiento. Presenta en tiempo real la desviación típica verdadera σ de los niveles espectrales en un mapa digital

⁽¹⁾ Como un receptor/analizador con FFT de banda ancha captura toda la anchura de banda de la señal, permite a la vez realizar mediciones más rápidas que ofrecen resultados más precisos, especialmente a la hora de determinar el canal de recepción (véase el § 2.24).

⁽²⁾ Para mediciones en redes con un solo transmisor (MFN) o en SFN que utilizan una sola polarización, únicamente se precisa una antena omnidireccional y ningún conmutador de antena.

El montaje para las mediciones efectuadas en las SFN con ambas polarizaciones se representa en la Fig. 9.

FIGURA 9
Montaje de medición (recepción portátil en las SFN)



SM.1875-09

A2.3 Procedimiento de medición

Todas las mediciones se efectúan con el vehículo desplazándose a lo largo de las carreteras principales situadas dentro de la zona de medición, que es una población o una ciudad en el borde de la zona de cobertura prevista.

La medición se realiza una vez cada segundo (aproximadamente el tiempo que tarda un sistema de posicionamiento GPS en señalar una coordenada nueva/distinta). A continuación, en un intervalo de 500 ms se toman 10 muestras del nivel de señal recibido, se convierte en intensidades de campo utilizando el factor de antena de la antena de medición y se almacena el valor mediano de las 10 muestras junto con la coordenada geográfica.

En la medición debe ajustarse el analizador de espectro como sigue:

- Modo de medición: potencia de canal.
- Anchura de banda de canal: 7 MHz u 8 MHz.
- Anchura de banda de resolución (RBW): 30 kHz o automática (no superior a 100 kHz).
- Detector: de valor eficaz (si se dispone) o de muestras.
- Modo de traza: ClearWrite (impresión tras borrado).
- Tiempo de barrido: 20 ... 25 ms.

Si se utiliza un receptor de banda amplia o un analizador con FFT, los ajustes son los siguientes:

- Anchura de banda de captura: ≥ 7 MHz o ≥ 8 MHz (anchura de banda de canal).
- Tiempo de adquisición: 1 ms.
- Modo de medición: potencia de canal.

Especialmente cuando se realizan mediciones móviles en zonas urbanas y solamente a 1,5 m por encima del nivel del suelo, el canal de recepción será a menudo de Rayleigh con variaciones de las condiciones de recepción rápidas y significativas. A pesar del hecho de que el registro móvil continuo proporcionará muchos valores de medición, puede que el número de muestras no sea suficiente como para extraer conclusiones sobre la situación de cobertura con una fiabilidad razonable. A fin de obtener información sobre la distribución de la intensidad de campo en la zona de medición, es preciso determinar el canal de recepción. Esto debe hacerse en cada ciclo de medición: es decir, una vez cada segundo y directamente tras la medición de la intensidad de campo.

El canal de recepción se determina registrando el espectro medio a lo largo de un periodo de al menos 200 ms a fin de contrarrestar la influencia de la modulación DVB.

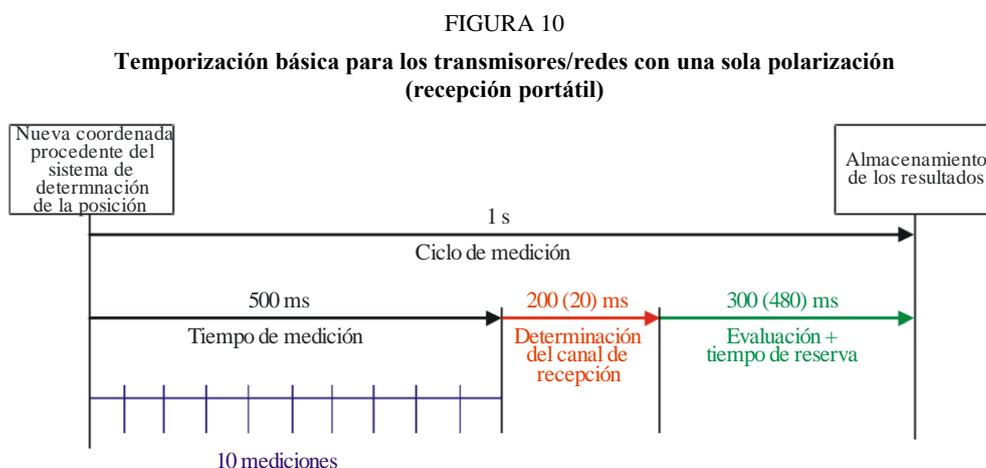
Si esta medición se realiza con un analizador de espectro, deben utilizarse los siguientes ajustes:

- Margen de medición: 6,5 MHz (canales de 7 MHz) o 7,6 MHz (canales de 8 MHz).
- Anchura de banda de resolución (RBW): ≤ 30 kHz.
- Detector: de valor eficaz (preferido) o de muestras (si no se dispone de detector de valor eficaz).
- Modo de traza: ClearWrite (si se utiliza detector de valor eficaz), promediada a lo largo de 20 barridos (si se utiliza detector de muestras).
- Tiempo de barrido: 200 ms (si se utiliza detector de valor eficaz), 10 ms (si se utiliza detector de muestras).
- Unidad: dB(μ V) o dBm.

Especialmente en las mediciones móviles con condiciones de recepción rápidamente cambiantes, es importante determinar el canal de recepción lo más próximo posible a las mediciones de intensidad de campo. Un receptor/analizador de banda ancha con FFT puede registrar todo el espectro de la DVB-T/T2 a la vez, lo que exige mucho menos tiempo de medición y, por consiguiente, es recomendable su utilización. Deben efectuarse los siguientes ajustes:

- Anchura de banda de captura: ≥ 7 MHz o ≥ 8 MHz (anchura de banda de canal).
- Margen de medición utilizado: 6,5 MHz (canales de 7 MHz) o 7,6 MHz (canales de 8 MHz).
- RBW: 30 kHz.
- Tiempo de adquisición: 20 ms.

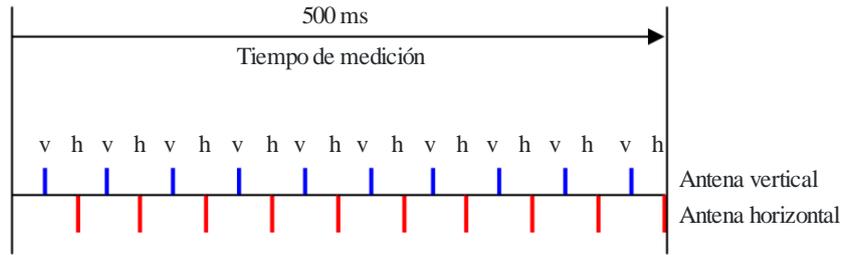
Para cada espectro capturado, la desviación típica de las amplitudes espectrales σ_{sp} se calcula y almacena junto con el nivel de potencia del canal y las coordenadas geográficas. La Fig. 10 muestra la temporización básica de un ciclo de medición.



SM.1875-10

En las SFN con polarización mixta, ambos planos de polarización deben medirse a la vez. Ello exige tomar 20 muestras de medición en 500 ms de tiempo de medición. Entre cada una de las muestras la antena se conmuta de polarización vertical a polarización horizontal. Esto es necesario para adquirir los valores medianos de intensidad de campo para ambas polarizaciones referidas al mismo emplazamiento. La Fig. 11 muestra la temporización necesaria (únicamente para la medición de intensidad de campo).

FIGURA 11
Temporización de las mediciones para SFN con polarización mixta (recepción portátil)



SM.1875-11

En las SFN con polarización mixta, los canales de recepción también deben medirse en ambos planos por separado. Ello deja únicamente 100 ms de tiempo de reserva y procesamiento si se emplea un analizador de espectro, y 460 ms si se utiliza un receptor/analizador de banda ancha con FFT.

La intensidad de campo equivalente se calcula a partir de las diez muestras de cada plano de polarización por separado. La corrección- σ_{sp} de la determinación del canal de recepción se aplica a cada una de las dos medianas y se almacena como resultado el mayor de estos dos valores.

A2.4 Evaluación de los resultados

Es posible efectuar una evaluación de los resultados en tiempo real mostrando el valor actual de σ_{sp} en un mapa digital durante la medición: si en una cierta región el valor de σ_{sp} se encuentra frecuentemente por encima de 3 dB, es una indicación de los canales de recepción de Rayleigh dominantes. En este caso, se necesitan más mediciones que pueden lograrse conduciendo el automóvil por rutas secundarias a lo largo de la carretera principal. La Fig. 12 muestra un ejemplo de esta presentación en tiempo real en donde los puntos de color verde (brillante) indican canales de Rice y los puntos de color rojo (oscuro) muestran canales de Rayleigh.

FIGURA 12
Presentación en directo del canal de recepción durante la medición



SM.1875-12

Para determinar si es posible la recepción portátil dentro de la zona de medición, es necesario comparar todos los valores medidos de intensidad de campo con la mínima intensidad de campo mediana para la recepción portátil calculada a partir de los acuerdos pertinentes (por ejemplo, el Acuerdo GE06). Debe tomarse la precaución de aplicar las correcciones a los resultados de las mediciones, de conformidad con las condiciones de recepción requeridas:

- Para la recepción portátil en exteriores, sólo debe aplicarse la corrección- σ_{sp} . No son necesarias correcciones adicionales para la probabilidad de emplazamiento ya que la medición se llevó a cabo bajo condiciones de recepción correctas y se tomó un número de muestras suficiente. La probabilidad de emplazamiento puede obtenerse directamente de los resultados de la medición (véase el § A2.5).
- Para la recepción portátil en interiores deben aplicarse correcciones adicionales relativas a las pérdidas de penetración en el edificio y a la diferente probabilidad de emplazamiento, de conformidad con el Adjunto 2.
- La recepción fija no puede calcularse en absoluto a partir de estas mediciones de cobertura móviles. En su lugar debe emplearse el procedimiento de medición descrito en el § A.1.

A2.5 Presentación de los resultados

La forma directa de presentar la situación de cobertura es dibujar los resultados de la comparación descrita anteriormente sobre un mapa en diferentes colores (véase la Fig. 13). Un punto de color verde (brillante) muestra los valores medidos más los márgenes adicionales que rebasan la mínima intensidad de campo mediana (recepción posible) para la situación portátil en exteriores, los puntos de color azul (oscuro) son aquellos donde es posible la recepción en interiores.

FIGURA 13
Resultados de la medición (recepción portátil)

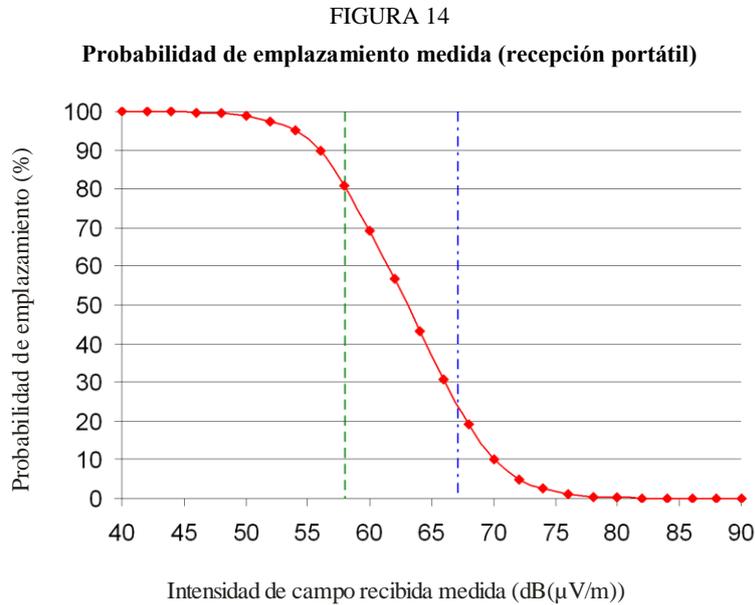


SM.1875-13

Si no ha sido posible realizar una presentación en tiempo real del canal de recepción durante las mediciones, aún puede determinarse posteriormente si la distribución de intensidad de campo era homogénea dentro de la zona de medición. Ello se realiza dibujando la distribución de los resultados de la medición con corrección- σ_{sp} como en la Fig. 5. Si la curva es Gaussiana y relativamente estrecha, como en el ejemplo, la distribución de la intensidad de campo es suficientemente homogénea. De no ser así, se necesitan más valores de medición conduciendo el vehículo a lo largo de otras carreteras situadas dentro de la zona de medición.

El inconveniente de este método aquí descrito es que sólo puede llegarse a esta conclusión una vez finalizado el trabajo de campo y puede que sea preciso repetir la medición. Sin embargo, una presentación en tiempo real del canal de recepción siempre revela este resultado durante la medición cuando es posible una reacción inmediata.

A partir de los resultados de la medición con corrección- σ_{sp} es posible extraer una conclusión sobre la probabilidad de recepción portátil dentro de la zona de medición. Esto se realiza representando el porcentaje de valores de medición con corrección- σ_{sp} que rebasan una cierta intensidad de campo en función del valor de dicha intensidad de campo. En la Fig. 14 aparece un ejemplo.



SM.1875-14

En el ejemplo, la mínima intensidad de campo mediana para la recepción portátil en exteriores es 58 dB(μV/m) (línea verde de puntos) y para la recepción portátil en interiores es 67 dB(μV/m) (línea azul de puntos). La medición demuestra que la recepción portátil en interiores es posible en al menos el 80% de la zona de medición y la recepción portátil en interiores es posible en al menos el 25% de la zona de medición.

Adjunto 3

Método simplificado para determinar los bordes de cobertura de transmisores y redes DVB-T/T2

A3.1 Introducción

En el método descrito en este Adjunto se define un procedimiento para determinar la zona de cobertura de una estación DVB-T/T2 para la recepción fija, basándose en la medición de la intensidad de campo en distintas direcciones con respecto al transmisor. Este método puede considerarse simplificado, pues requiere menos mediciones que el método descrito en el Adjunto 1, en particular si se dan las condiciones siguientes:

- la red DVB-T/T2 es una MFN;
- se conocen las predicciones de zona de cobertura;
- el/los transmisor(es) tiene(n) antenas omnidireccionales;
- el terreno de la zona de cobertura es relativamente llano (sin colinas que causen grandes zonas de apantallamiento).

La ventaja de que se necesiten menos esfuerzos de medición se revela particularmente cuando se dispone de los datos de predicción de cobertura. Sin embargo, en principio este método también es aplicable sin información *a priori* de la zona de cobertura planificada.

A3.2 Parámetros medidos de la señal

Para determinar la zona de servicio de una estación transmisora de radiodifusión digital terrenal DVB-T/T2 para recepción fija en un emplazamiento receptor se han de medir los siguientes parámetros de la señal:

- intensidad de campo electromagnética;
- desviación normal de las amplitudes espectrales, σ_{sp} , de la señal DVB-T/T2.

A3.3 Equipos necesarios

Las mediciones se realizan con un sistema de medición móvil o transportable que contenga los siguientes equipos:

- mástil de antena de 10 m de altura;
- trípode de antena de una altura igual o superior a 1,5 m;
- antena receptora direccional;
- cable de antena calibrado;
- receptor/analizador de medición;
- receptor de navegación;
- computadora.

Las características de los equipos se resumen en el Cuadro 9.

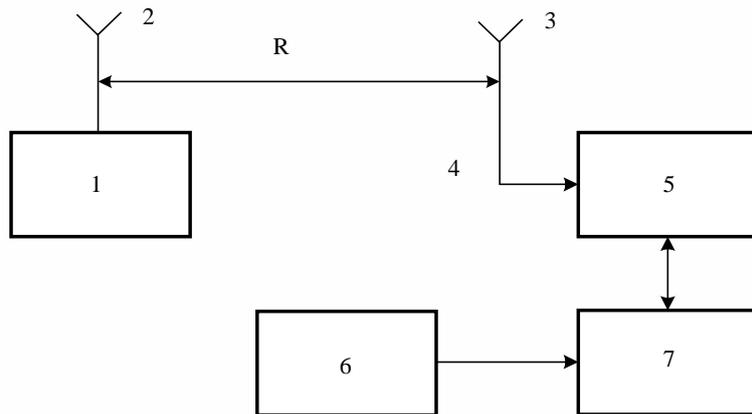
CUADRO 9
Características de los equipos

Equipo	Características
Dispositivo(s) de medición	Capacidad de análisis del espectro. Medición de la potencia de canal. Función «diagrama de eco». Interfaz de datos con la computadora.
Antena receptora direccional	Polarización: lineal [2]. Ganancia de antena mínima(*) [3]: 200 MHz: 7 dBd; 500 MHz: 10 dBd; 800 MHz: 12 dBd.
Cable de antena calibrado	Pérdida en el alimentador máxima *): 200 MHz: 2 dB; 500 MHz: 3 dB; 800 MHz: 5 dB.

(*) Estos valores proceden de UIT-R BT.1368 y son los valores supuestos por las herramientas de planificación

En la Fig. 15 se ilustra el diagrama de conexión de los equipos.

FIGURA 15
Diagrama de conexión de los equipos



SM.1875-15

- 1 – Transmisor DVB-T/T2; 2 – Antena transmisora;
- 3 – Antena receptora direccional; 4 – Cable de antena calibrado;
- 5 – Receptor de medición; 6 – Receptor de navegación; 7 – Computadora.

A3.4 Planificación de la medición

En un primer momento se utiliza un modelo de propagación de ondas para determinar los límites de cobertura de una estación DVB-T/T2 seleccionada (por ejemplo, Recomendación UIT-R P.1546 o Recomendación UIT-R P.1812).

A continuación, habida cuenta de la presencia de carreteras y autopistas, se seleccionan las direcciones radiales a partir de la estación DVB-T/DVB-T2 en que efectuar las mediciones. El número de direcciones radiales debe ser, como mínimo, de 4 a fin de cartografiar digitalmente los límites de la zona de cobertura medida.

Para cada dirección radial se define el emplazamiento de las zonas pequeñas (de aproximadamente $100\text{ m} \times 100\text{ m}$).

El emplazamiento de la primera zona pequeña ha de cumplir los siguientes requisitos:

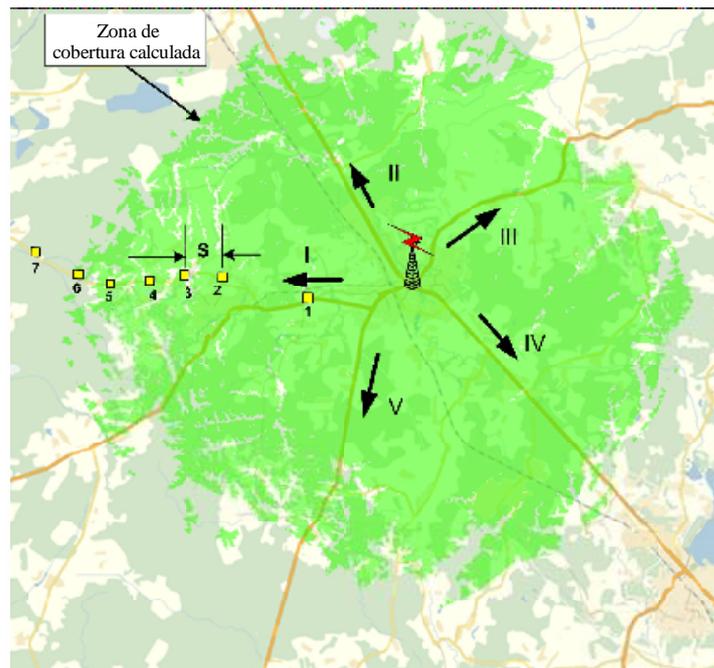
- la zona pequeña estará en la visual de la estación DVB-T/T2;
- la zona pequeña estará dentro del lóbulo vertical principal de la antena transmisora.

Otras zonas pequeñas se sitúan más cerca de los límites calculados de la cobertura a una distancia, S , aproximadamente igual. Se aconseja escoger zonas pequeñas dentro o cerca de los asentamientos. Si hay asentamientos tanto en zonas montañosas como llanas, las mediciones habrán de realizarse tanto en las montañas como en los llanos.

El número de zonas pequeñas ha de ser como mínimo de 7 (Fig. 16). Si el número de zonas pequeñas es menor, la determinación de los límites de la cobertura perderá en precisión.

De ser necesario se confirmará el emplazamiento de las zonas pequeñas con imágenes satelitales (por ejemplo, Google Earth) o visitándolas previamente. En cada zona pequeña se prevé un mínimo de 3 puntos de medición ($N \geq 3$). Uno de los puntos de medición deberá situarse en el centro de la zona pequeña.

FIGURA 16
Ejemplo de planificación de la medición



SM.1875-16

A3.5 Procedimiento de medición

En cada emplazamiento receptor se han de medir los siguientes parámetros:

- intensidad de campo eléctrica;
- desviación normal, σ_{sp} , de las amplitudes espectrales de la señal DVB-T/T2.

En las zonas rurales la antena receptora se monta a una altura de 10 m. Si no resulta posible encontrar un emplazamiento de medición sin obstáculos en dirección al transmisor, como ocurre en muchas zonas urbanas, donde los inmuebles tienen más de 10 m, la medición se realiza sobre los tejados de los inmuebles con la antena receptora instalada en un trípode.

Se apunta la antena en dirección de la intensidad de campo máxima recibida. Si esa intensidad máxima se recibe desde la dirección de la estación DVB-T/T2 pertinente y no hay perturbaciones externas de equipos eléctricos o electrónicos, se considera que el emplazamiento de medición es adecuado.

Puede suponerse la ausencia de perturbaciones externas si se cumplen las siguientes condiciones:

- no hay portadoras CW o de banda estrecha visibles en el espectro por encima del nivel de la señal DVB-T/T2 deseada;
- el nivel de ruido entre los canales DVB-T/T2 deseado y adyacentes («espacios» en el espectro) es inferior a 3 dB por encima del nivel de ruido del receptor (medido con la antena desconectada).

En los demás casos, deberá recurrirse a un emplazamiento de medición alternativo dentro de la zona pequeña.

Las mediciones se realizan configurando el receptor de medición de la siguiente manera (modo «analyzer de espectro»):

- frecuencia central (FREQ): igual a la frecuencia central nominal del canal de televisión;
- ancho de canal (amplitud): de 8 a 10 MHz;
- ancho de banda de resolución (RBW): 30 kHz;
- ancho de banda del filtro de vídeo (VBW): de 100 a 300 kHz ($VBW \geq 3 RBW$);
- intervalo de barrido: 2 s;
- detector: RMS;
- modo traza: borrar/escribir.

Durante un intervalo de medición mínimo de 1 min se tomarán 30 medidas de intensidad de campo y 30 desviaciones normales de la amplitud espectral, σ_{sp} . Los valores de σ_{sp} se calculan de acuerdo con el Adjunto 5. Así, se utilizan las 30 mediciones de intensidad de campo, incluida la corrección de σ_{sp} , para definir la intensidad de campo mediana (a lo largo del tiempo (E_{med}^{loc}) en cada emplazamiento receptor.

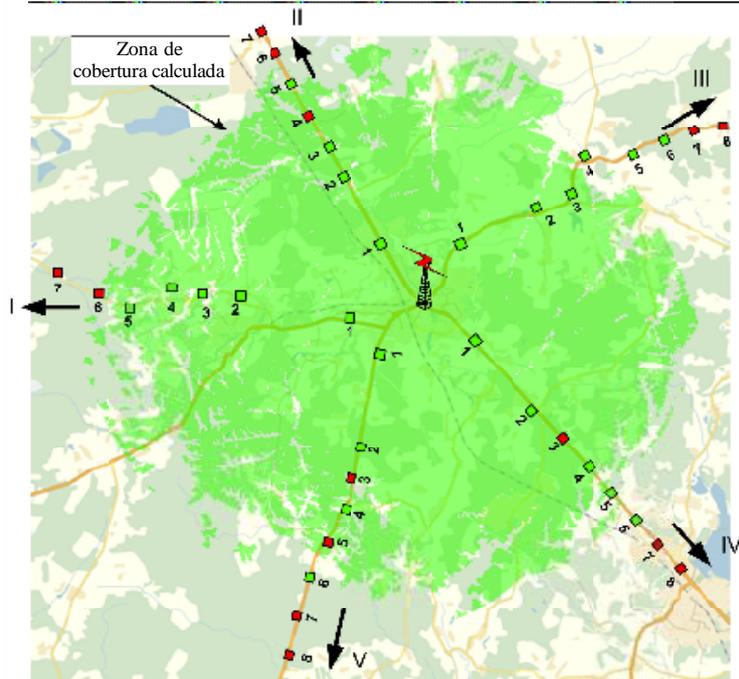
Los valores de σ_{sp} se calculan cada vez que se mide la intensidad de campo a fin de compensar el desvanecimiento rápido que puede afectar a la forma del espectro de la señal.

Si la intensidad de campo resultante (E_{med}^{loc}) es inferior a la intensidad de campo mínima necesaria, se habrán de realizar mediciones en otros emplazamientos planificados dentro de la zona pequeña. Para cada zona pequeña se calcula la intensidad de campo mediana $E_{med}^{small_area}$.

Se considera que una zona pequeña está «cubierta» si el valor de $E_{med}^{small_area}$ es superior al valor de la intensidad de campo equivalente mediana mínima, E_{med} , requerida. En tal caso, la zona pequeña se marca de verde; en caso contrario, de rojo. Normalmente, si dos o tres zonas pequeñas adyacentes satisfacen la condición $E_{med}^{small_area} < E_{med}$, se pueden considerar completadas las mediciones en esa dirección radial (Fig. 17).

FIGURA 17

Ejemplo de resultados de medición en zonas pequeñas



SM.1875-17

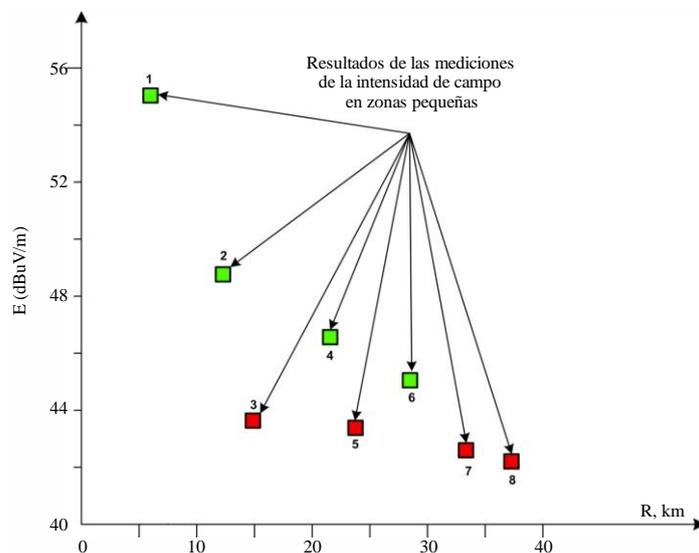
A3.6 Procesamiento de los resultados de medición

Para cada dirección radial se realizan los pasos siguientes:

- se define el acimut final de la dirección radial como el valor medio aritmético de los acimutes de las zonas pequeñas en esa dirección;
- se proyectan en un diagrama los valores medianos de la intensidad de campo de las zonas pequeñas en función de su distancia al transmisor, $E_{\text{med}}^{\text{small_area}}$ (R), como se muestra en la Fig. 18.

FIGURA 18

Ejemplo de los resultados de medición obtenidos en una única dirección radial



SM.1875-18

- 1) se define una curva aproximando los valores de intensidad de campo obtenidos:

$$E(d_i) = E(d_1) - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d_i / d_1), \tag{1}$$

siendo $E(d_1)$ y $E(d_i)$ los valores de intensidad de campo (in dBuV/m) a las distancias d_1 y d_i .

En la fórmula anterior el valor de n se determina utilizando el método de aproximación por cuadrados mínimos (LSA):

$$n = \frac{\sum_i [E(d_1) - E(d_i)] \times 10 \log \frac{d_i}{d_1}}{\sum_i \left[10 \log \frac{d_i}{d_1} \right]^2} \tag{2}$$

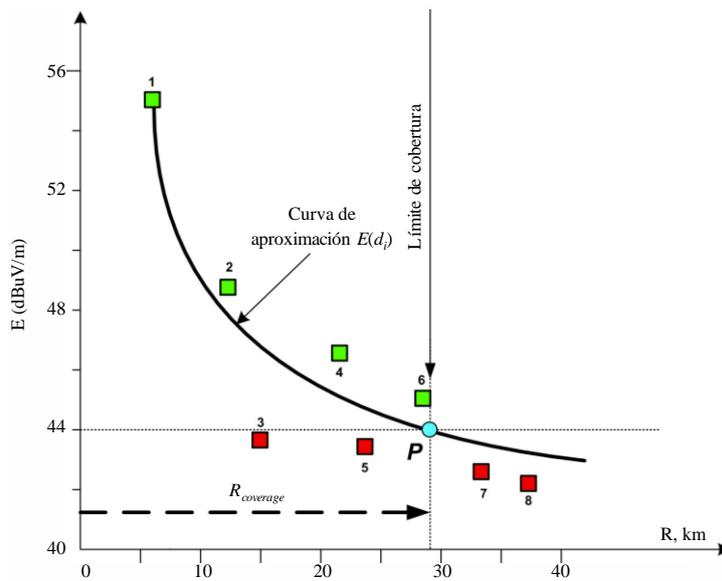
En el espacio libre, el valor de n es 2. En presencia de obstáculos, el valor de n aumenta y suele oscilar entre 2 y 5.

- 2) la intersección de la línea horizontal, correspondiente a la intensidad de campo mediana mínima, con la curva de aproximación determina el emplazamiento estimado del límite de cobertura en esa dirección (véase la Fig. 19):

$$R_{Coverage} = d_1 \times 10^{\frac{E(d_1) - E_{med}}{10n}} \tag{4}$$

- 3) se realizan los pasos 1 a 4 para todas las demás direcciones radiales en que se han efectuado mediciones.

FIGURA 19
Ejemplo de procesamiento de los resultados de medición en una única dirección radial

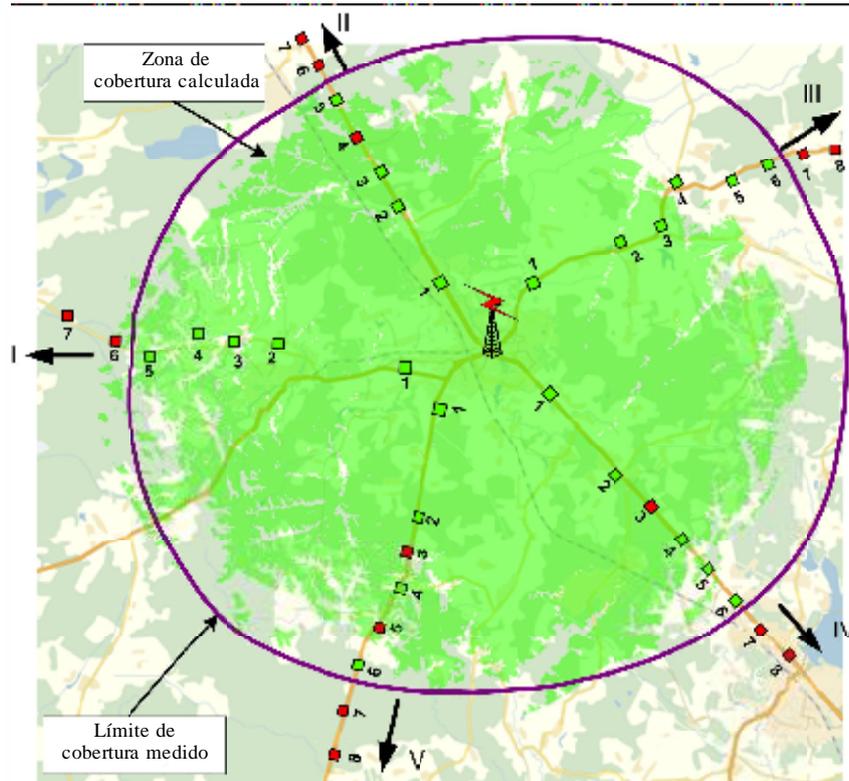


SM.1875-19

Por último, se interconectan los puntos radiales del límite de cobertura anteriores con una curva suave, que sigue la forma del límite de cobertura calculado. Se proyecta en un mapa el límite de cobertura medido resultante (véase la Fig. 20). Como en el ejemplo de la Fig. 20, es posible que el límite de cobertura medido no coincida con el límite de cobertura calculado en todas las direcciones.

FIGURA 20

Ejemplo de proyección del límite de cobertura medido



SM.1875-20

A3.7 Medición en una SFN

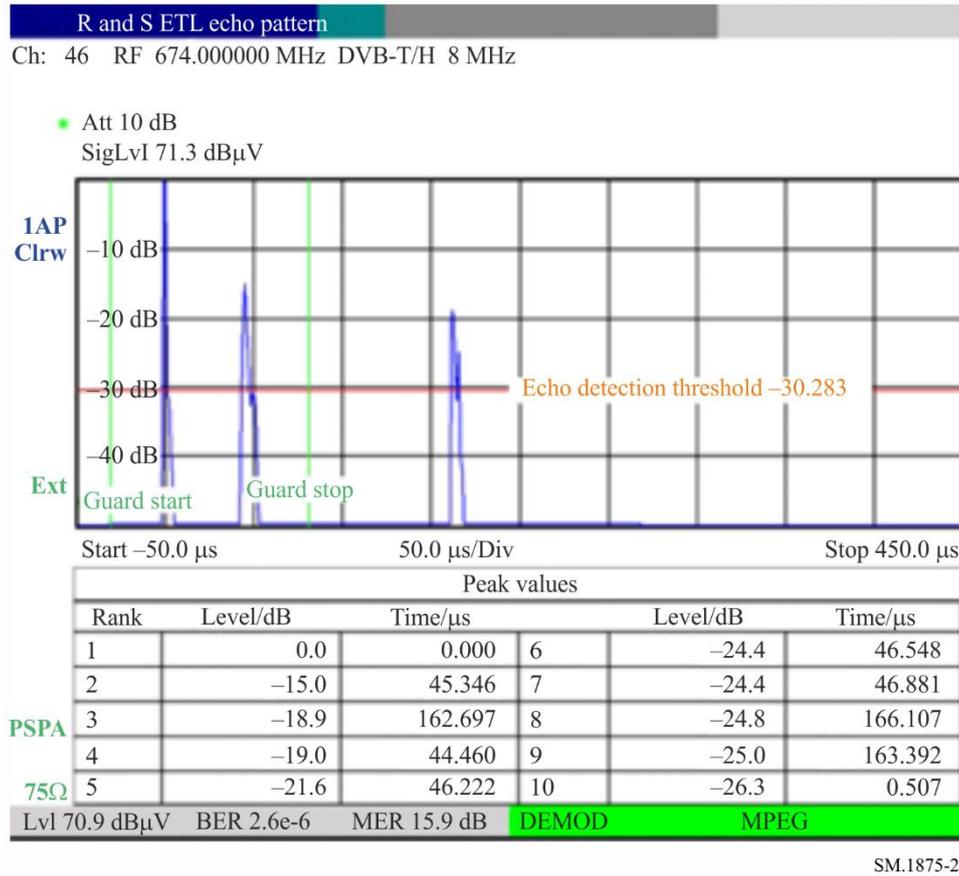
En una SFN el límite de cobertura se define como una combinación de los límites de todas las estaciones DVB-T/T2 que forman esa red monofrecuencia.

Para aplicar el método descrito en este Adjunto a una SFN, se ha de medir por separado el borde de cada uno de los transmisores SFN.

Para que los emplazamientos de medición sean fiables, el nivel de la señal procedente de la estación que se prueba debe ser 10 dB superior a los niveles de la señal de otras estaciones de la misma SFN. Esto puede verificarse midiendo el diagrama de eco, como se muestra en la Fig. 21. En el ejemplo mostrado, los ecos de otros transmisores se cancelan en 15 y 18 dB, lo que se considera suficiente para que el emplazamiento de medición sea adecuado.

FIGURA 21

Instantánea de la pantalla del receptor de medición (función «diagrama de eco»)



De ser necesario, se puede utilizar una antena con un diagrama direccional más estrecho.

Adjunto 4

Método de medición de la cobertura del servicio DVB-T/T2 para recepción fija en zonas definidas

A4.1 Introducción

El método descrito en este Adjunto define un procedimiento para medir la zona de cobertura DVB-T/T2 de un transmisor o red DVB-T/T2 para verificar las predicciones de cobertura utilizadas durante la planificación o para evaluar las condiciones de recepción en emplazamientos donde se sabe que hay interferencia. En este caso el método ofrece una herramienta para determinar la zona de servicio, pues también se miden los parámetros de calidad de servicio.

A4.2 Equipos necesarios

Las mediciones se realizan con un sistema de medición móvil o transportable que contenga los siguientes equipos:

- mástil de antena de 10 m de altura;
- trípode de antena de una altura igual o superior a 1,5 m;
- antena receptora direccional;
- cable de antena calibrado;
- receptor/analizador de medición;
- receptor de navegación;
- computadora.

Las características de los equipos se resumen en el Cuadro 10.

CUADRO 10
Características de los equipos

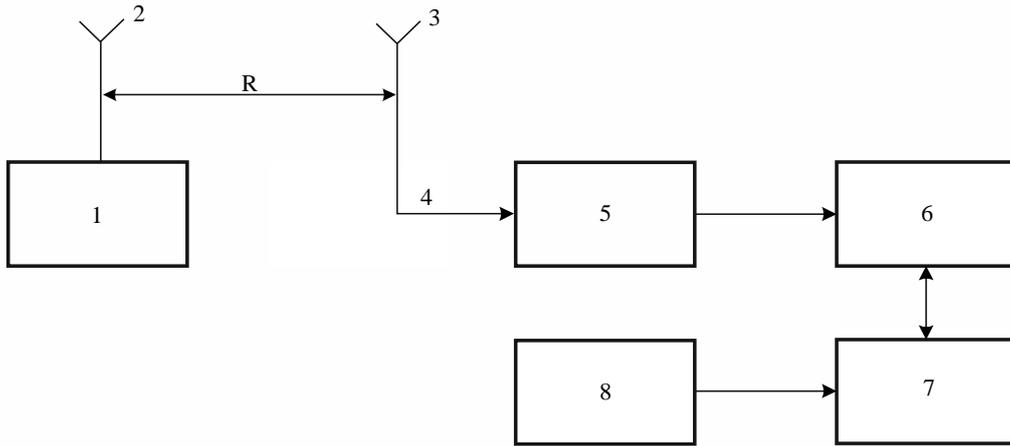
Equipo	Características
Receptor de medición	Función de análisis del espectro. Medición de la potencia de canal. Medición de VBER para DVB-T. Medición de LBER para DVB-T2. Función «diagrama de eco». Interfaz de datos con la computadora.
Amplificador de bajo ruido	Gama de frecuencias mínima 174-862 MHz Amplificación y factor de ruido adecuados para ofrecer un factor de ruido total no superior a 6-7 dB
Antena receptora direccional	Polarización: vertical u horizontal, dependiendo del transmisor Ganancia de antena mínima ^(*) : 200 MHz: 7 dBd; 500 MHz: 10 dBd; 800 MHz: 12 dBd.
Cable de antena calibrado	Pérdida del alimentador ^(*) : 200 MHz: 2 dB; 500 MHz: 3 dB; 800 MHz: 5 dB.

^(*) Estos valores proceden de UIT-R BT.1368 y reflejan los valores supuestos por las herramientas de planificación.

NOTA – Se ha de utilizar un amplificador de bajo ruido cuando el factor de ruido de un receptor de medición es superior al factor de ruido del receptor de referencia (entre 6 y 7 dB, de acuerdo con la Recomendación UIT-R BT.2036-2).

En la Fig. 22 se muestra el diagrama de conexión de los equipos.

FIGURA 22
Diagrama de conexión de los equipos



SM.1875-15

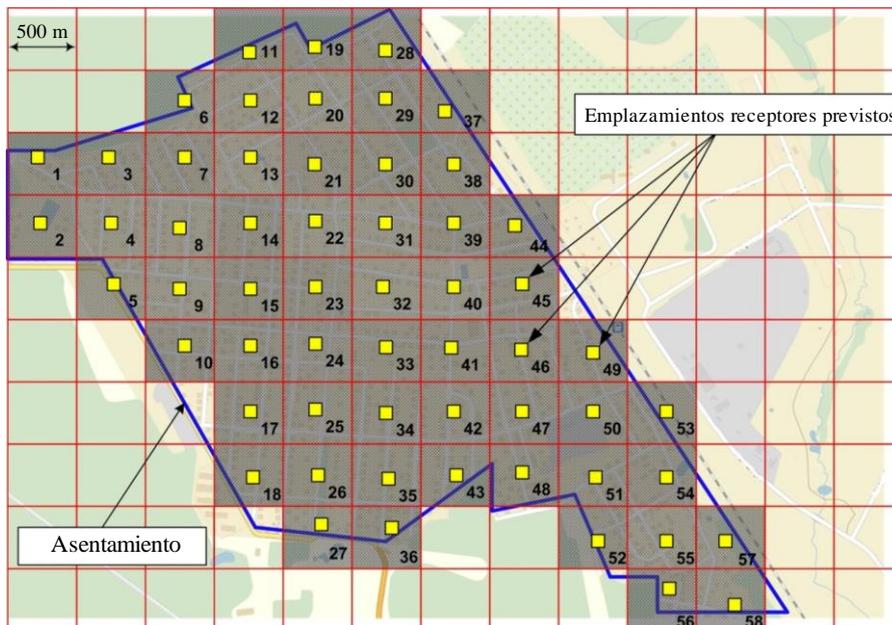
- 1 – Transmisor DVB-T/DVB-T2; 2 – Antena transmisora; 3 – Antena receptora direccional;
- 4 – Cable de antena calibrado; 5 – Amplificador de bajo ruido;
- 6 – Receptor de medición; 7 – Computadora. 8 – receptor de navegación.

A4.3 Planificación de la medición

Se sitúa una retícula de cuadrados («células») de 500 m de longitud sobre la zona de prueba (denominada «retícula de prueba») y se proyecta sobre un mapa.

La retícula de prueba deberá abarcar completamente la zona de prueba. Se marcan los puntos de medición o los emplazamientos receptores como se muestra en la Fig. 23. El número de emplazamientos receptores puede variar de una célula de la retícula de prueba a otra.

FIGURA 23
Ejemplo de proyección de retícula de prueba



SM.1875-23

De ser necesario, antes de iniciar la medición podrá verificarse mediante imágenes satelitales (por ejemplo, Google Earth) o visitas *in situ* la posibilidad de instalar el equipo de medición en los emplazamientos escogidos.

A4.4 Procedimiento de medición

En cada emplazamiento de medición se han de medir los parámetros de la señal siguientes:

- intensidad de campo electromagnética;
- desviación normal de las amplitudes espectrales, σ_{sp} , de la señal DVB-T/T2;
- tasa de errores en los bits tras el decodificador de Viterbi (VBER) para la DVB-T o tasa de errores en los bits tras el decodificador LDPC (LBER) para la DVB-T2.

En cada emplazamiento receptor se han de medir los siguientes parámetros:

- intensidad de campo eléctrica;
- desviación normal, σ_{sp} , de las amplitudes espectrales de la señal DVB-T/T2.

En las zonas rurales la antena receptora se monta a una altura de 10 m. Si no resulta posible encontrar un emplazamiento de medición sin obstáculos en dirección al transmisor, como ocurre en muchas zonas urbanas, donde los inmuebles tienen más de 10 m, la medición se realiza sobre los tejados de los inmuebles con la antena receptora instalada en un trípode.

Se apunta la antena en dirección de la intensidad de campo máxima recibida. Si esa intensidad máxima se recibe desde la dirección de la estación DVB-T/T2 pertinente y no hay perturbaciones externas de equipos eléctricos o electrónicos, se considera que el emplazamiento de medición es adecuado.

Puede suponerse la ausencia de perturbaciones externas si se cumplen las siguientes condiciones:

- no hay portadoras CW o de banda estrecha visibles en el espectro por encima del nivel de la señal DVB-T/T2 deseada;
- el nivel de ruido entre los canales DVB-T/T2 deseado y adyacentes («espacios» en el espectro) es inferior a 3 dB por encima del nivel de ruido del receptor (medido con la antena desconectada).

En los demás casos, deberá recurrirse a un emplazamiento de medición alternativo dentro de la célula.

Las mediciones se realizan configurando el receptor de medición de la siguiente manera (modo «analyzer de espectro»):

- frecuencia central (FREQ): igual a la frecuencia central nominal del canal de televisión;
- ancho de canal (amplitud): de 8 a 10 MHz;
- ancho de banda de resolución (RBW): 30 kHz;
- ancho de banda del filtro de vídeo (VBW): de 100 a 300 kHz ($VBW \geq 3 RBW$);
- intervalo de barrido: 2 s;
- Detector: RMS;
- Modo traza: borrar/escribir.

Durante un intervalo de medición mínimo de 1 min se tomarán 30 medidas de intensidad de campo y 30 desviaciones normales de la amplitud espectral, σ_{sp} . Los valores de σ_{sp} se calculan de acuerdo con el Adjunto 5. Así, se utilizan las 30 mediciones de intensidad de campo, incluida la corrección de σ_{sp} , para definir la intensidad de campo mediana (a lo largo del tiempo (E_{med}^{loc}) en cada emplazamiento receptor.

Los valores de σ_{sp} se calculan cada vez que se mide la intensidad de campo a fin de compensar el desvanecimiento rápido que puede afectar a la forma del espectro de la señal.

Si la intensidad de campo resultante (E_{med}^{loc}) es inferior a la intensidad de campo mínima necesaria, se habrán de realizar mediciones en, como máximo, otros cuatro emplazamientos dentro de la célula. Para cada célula se calcula la intensidad de campo mediana $E_{med}^{small_area}$.

A4.5 Procesamiento de las mediciones

Se considera que la recepción de la señal DVB-T/T2 es satisfactoria y que la célula está «cubierta» si se cumplen las siguientes condiciones:

- $E_{med}^{loc} \geq E_{med}$
- $VBER^{loc} \leq 2 \times 10^{-4}$ para DVB-T o $LBER^{loc} \leq 10^{-7}$ para DVB-T2
- No ha habido interrupciones en la medición de la VBER/LBER durante al menos 60 s.

La célula se colorea de verde si la mayoría de los puntos de medición dentro de la misma cumplen las condiciones mencionadas. En caso contrario, la célula se colorea de rojo.

A4.6 Visualización de los resultados de la medición

Los resultados de la medición se proyectan en un mapa como se muestra en la Fig. 24. El porcentaje de células cubiertas en la zona de prueba se calcula de la siguiente manera:

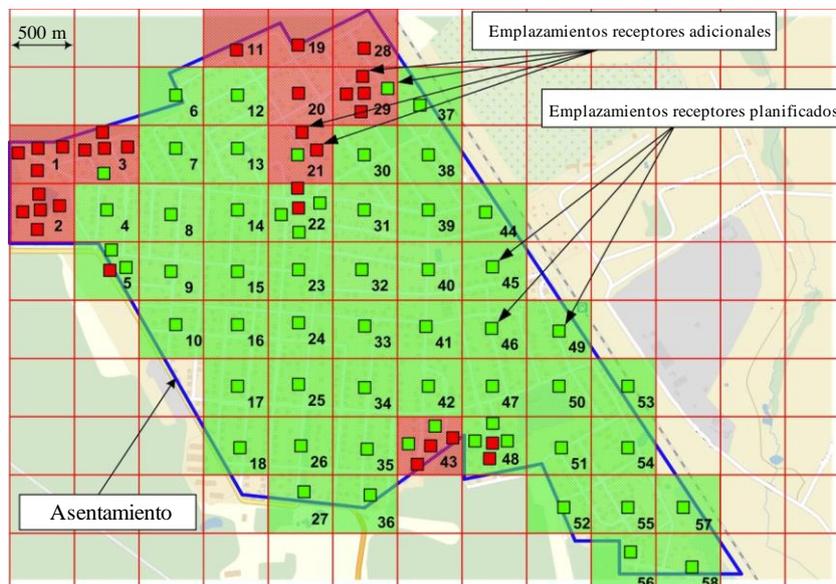
$$P(\%) = (m/n) \times 100\%, \tag{5}$$

donde:

- m*: número de células donde los parámetros de la señal cumplen los criterios de cobertura
- n*: número total de células dentro de la zona de prueba.

Para el ejemplo de la Fig. 24: $P(\%) = (48/58) * 100\% = 82,8\%$.

FIGURA 24
Ejemplo de visualización de los resultados de la medición



Adjunto 5

Correcciones necesarias de los resultados de la medición

A5.1 Corrección del canal de recepción (corrección- σ_{sp})

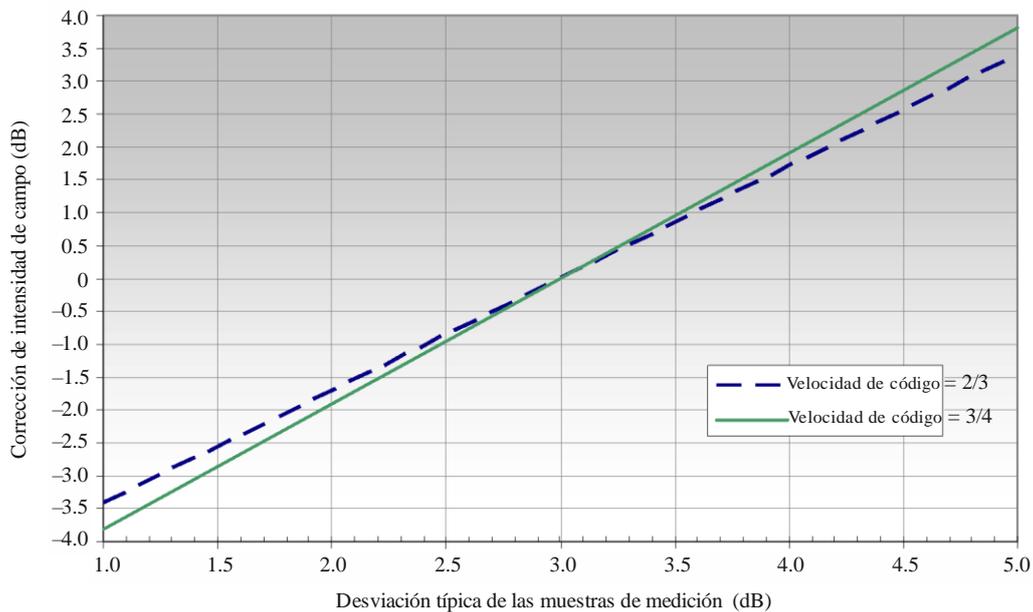
Los cuadros con las mínimas relaciones señal/ruido (C/N) del Acuerdo GE06 suponen canales de recepción de Rice con una desviación típica σ_{sp} de las amplitudes espectrales de 1 dB o canales de Rayleigh con una desviación típica de 3 dB. Sin embargo, los resultados de las mediciones reales presentarán desviaciones típicas distintas de 1 ó 3 dB. En estos casos, debe sustraerse un valor de corrección de la mediana de los valores de intensidad de campo medidos antes de compararlos con los cuadros pertinentes del citado Acuerdo GE06, de conformidad con la siguiente fórmula:

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} * (\sigma_{sp} - 3)$$

La Fig. 25 ilustra ejemplos de la corrección resultante para sistemas 8k-DVB-T con velocidad de código 2/3 y 3/4.

FIGURA 25

Correcciones debidas a canales de recepción no normalizados



SM.1875-15

A5.2 Corrección de la probabilidad de emplazamiento

El cálculo de la corrección para probabilidades de emplazamiento C_1 distintas al 50% supone una distribución log-normal de las muestras de la señal de recepción.

$$C_1 = \mu * \sigma \quad \text{dB}$$

donde:

μ = factor de distribución

σ = desviación típica de las muestras de medición.

Para señales de banda amplia tales como la DVB-T, el Acuerdo GE06 especifica un valor de la desviación típica σ_1 dentro de zonas amplias de 5,5 dB. Con esta hipótesis, la corrección para distintas probabilidades de emplazamiento puede calcularse de acuerdo con los valores del Cuadro 11.

CUADRO 11

Correcciones para distintas probabilidades de emplazamiento

Probabilidad de emplazamiento deseada (%)	μ	C_1 (dB)
50	0	0
70	0,52	2,9
95	1,64	9
99	2,33	12,8

Con objeto de evaluar la cobertura en interiores, la atenuación en el edificio debe sustraerse de los valores de medición realizados en el exterior. No obstante, esta atenuación en el edificio también tiene una desviación típica σ_2 que debe añadirse a la desviación típica de las señales de banda ancha σ_1 como sigue:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

Para cobertura de la DVB-T en interiores, utilizando el ejemplo de la Recomendación UIT-R P.1812-2, que especifica los siguientes valores de atenuación en el edificio y σ_2 :

CUADRO 12

Desviación típica y atenuación en el edificio para cobertura en interiores de la DVB-T

Gama de frecuencia (MHz)	Atenuación en el edificio (dB)	σ_2 (dB)
Ondas métricas	9	3
Ondas decimétricas	11	6

NOTA – Los valores están basados en la Recomendación UIT-R P.1812-2.

A5.3 Corrección total para cobertura en interiores

La corrección total que debe añadirse a los valores de intensidad de campo medida en ciertos emplazamientos fijos cuando va a evaluarse la cobertura en interiores es la suma de la corrección de la probabilidad de emplazamiento C_1 , la desviación típica σ_1 para las mediciones de señal de banda ancha, la atenuación en el edificio y su desviación típica σ_2 .

CUADRO 13

**Corrección total para la cobertura en interiores de la DVB-T
cuando se mide en puntos fijos**

Gama de frecuencia (MHz)	Probabilidad de emplazamiento (%)	μ	σ_1 (dB)	σ_2 (dB)	σ (dB)	C_1 (dB)	Atenuación en el edificio (dB)	Corrección total (dB)
Ondas métricas	70	0,52	5,5	3	6,3	3,3	9	12,3
	95	1,64				10,3		19,3
	99	2,33				14,7		23,7
Ondas decimétricas	70	0,52	5,5	6	8,1	4,2	11	15,2
	95	1,64				13,3		24,3
	99	2,33				18,9		29,9

NOTA – Los valores están basados en la Recomendación UIT-R P.1812-2.

Si, como se recomienda, la medición se hace de forma móvil, no se aplica la desviación típica σ_1 para las señales de banda ancha por las siguientes razones:

- la medición se efectuó realmente cuando iba a evaluarse la recepción;
- el método de medición proporciona tantas muestras que la mediana calculada de todas las muestras de medición ya representa el valor mediano de la intensidad de campo real en el interior de la zona de medición.

La corrección total que debe aplicarse a estos valores de medición se resume en el Cuadro 14.

CUADRO 14

**Corrección total para la cobertura en interiores de la DVB-T
cuando se efectúa una medición móvil**

Gama de frecuencia (MHz)	Probabilidad de emplazamiento (%)	μ	σ (dB)	C_1 (dB)	Atenuación en el edificio (dB)	Corrección total (dB)
Ondas métricas	70	0,52	3	1,6	9	10,6
	95	1,64		4,9		13,9
	99	2,33		7,0		16,0
Ondas decimétricas	70	0,52	5,5	2,9	8	10,9
	95	1,64		9,0		17,0
	99	2,33		12,8		20,8

Los valores de intensidad de campo equivalente mínima utilizados para la planificación se dan para una altura de antena receptora de 10 m. A fin de comparar los valores medidos con los planificados se ha de aplicar una corrección de la altura, que puede calcularse de acuerdo con el § 2.1.9 del Acuerdo GE06.