

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1649-1

Directrices para determinar la interferencia causada por estaciones terrenas a bordo de barcos a estaciones del servicio fijo cuando la estación terrena a bordo de barco está a una distancia inferior a la distancia mínima*

(Cuestiones UIT-R 226/9 y UIT-R 254/4)

(2003-2008)

Alcance

Esta Recomendación ofrece orientaciones a las administraciones para determinar la posible interferencia provocada por estaciones terrenas a bordo de barcos (ETB) a estaciones de servicio fijo. El Anexo 1 presenta consideraciones generales para esta determinación. En el Anexo 2 figura una descripción del método más básico para dicha determinación. El Anexo 3 proporciona varios métodos alternativos basados en simulaciones y el Anexo 4 contiene material que puede considerarse en los debates bilaterales y multilaterales cuando las administraciones autoricen antenas más pequeñas de 1,2 metros en la banda 14,0-14,5 GHz para garantizar que estas antenas más pequeñas cumplen los requisitos estipulados en la Resolución 902 (CMR-03).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los barcos pueden estar equipados para operar estaciones ETB del SFS que transmitan sobre redes del SFS utilizando las bandas de 5 925-6 425 MHz (Tierra-espacio) de conformidad con el número 4.4 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR);
- b) que los barcos pueden estar equipados para funcionar como ETB en la banda de 14-14,5 GHz de conformidad con el número 4.4 del RR o como servicio secundario del SMS;
- c) que algunas de las bandas de frecuencias mencionadas en los *considerando* a) y b) están compartidas a título primario con el servicio fijo;
- d) que si las ETB fueran autorizadas a operar en rutas marítimas y en canales de navegación próximos a la costa, sería necesario definir zonas comunes para este tipo de operaciones;
- e) que la Recomendación UIT-R SF.1585 proporciona una forma de definir dicha zona;
- f) que deben analizarse las estaciones del servicio fijo situadas dentro de dicha zona para determinar si sufrirán una interferencia superior a la admisible;
- g) que muchos sistemas del servicio fijo funcionan con control automático de potencia de transmisión (CAPT);
- h) que los eventos de interferencia de duración superior a unos pocos segundos pueden dar lugar a interrupciones significativas del servicio a largo plazo en sistemas digitales del servicio fijo;
- j) que las Recomendaciones UIT-R SF.1006 y/o UIT-R SM.1448 proporcionan métodos que pueden utilizarse para determinar la interferencia potencial entre estaciones del SFS y estaciones del servicio fijo cuando las ETB se encuentran inmóviles (véase la Nota 1);
- k) que la metodología para determinar el nivel de interferencia de las ETB sobre estaciones del servicio fijo está sujeta al acuerdo entre las administraciones afectadas;

* Para la definición de «distancia mínima» véase la Recomendación UIT-R SF.1650-1

- l) que, no obstante, algunas administraciones pueden considerar de utilidad disponer de directrices para la evaluación detallada de los niveles de interferencia a fin de realizar un análisis preliminar de la misma;
- m) que las Recomendaciones UIT-R F.696 y UIT-R F.1565 definen criterios de interferencia admisibles para estaciones del servicio fijo;
- n) que se necesitan métodos y criterios de interferencia distintos para determinar la interferencia potencial de ETB cuando éstas no se encuentran paradas,

reconociendo

- a) que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000) (CMR-2000) solicitó al UIT-R que llevase a cabo urgentemente estudios relativos a estaciones terrenas a bordo de barcos (ETB) en particular para que no puedan causar interferencia inaceptable a estaciones de otros servicios de cualquier administración;
- b) que el número 5.457A del RR especifica que las estaciones terrenas a bordo de barcos en las bandas 5 925-6 425 MHz y 14-14,5 GHz pueden comunicar con las estaciones espaciales del servicio fijo por satélite siempre que esta utilización sea conforme con lo dispuesto en la Resolución 902 (CMR-03);
- c) que el número 5.457B del RR especifica que las estaciones terrenas situadas a bordo de barcos en las bandas 5 925-6 425 MHz y 14-14,5 GHz puede funcionar en Argelia, Arabia Saudita, Bahrein, Comoras, Djibouti, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Jamahiriya Árabe Libia, Jordania, Kuwait, Marruecos, Mauritania, Omán, Qatar, República Árabe Siria, Sudán, Túnez y Yemen a título secundario en el servicio móvil marítimo con las características y bajo las condiciones establecidas en la Resolución 902 (CMR-03),

observando

- a) que las limitaciones técnicas para el funcionamiento de las ETB que figuran en el Anexo 2 a la Resolución 902 (CMR-03), en particular los límites fuera del eje, son aplicables para determinar la posibilidad de causar interferencia;
- b) que la Recomendación 37 (CMR-03) (Procedimientos operacionales para la utilización de las estaciones terrenas a bordo de barcos) indica los procedimientos para el funcionamiento de las ETB,

recomienda

- 1 que las directrices descritas en el Anexo 1 pueden utilizarse como referencia para la evaluación global de la interferencia procedente de ETB que funcionan a una distancia de estaciones del servicio fijo inferior a la «distancia mínima»;
- 2 que las directrices del Anexo 2 pueden utilizarse como base para el cálculo de la interferencia procedente de las ETB (véanse las Notas 2 y 3);
- 3 que los resultados de la aplicación del método del Anexo 2 pueden utilizarse para determinar si las ETB pueden funcionar con parte de las bandas de frecuencia mencionada en el *considerando* b) cuando se encuentran a una distancia inferior a la «distancia mínima» (véase la Nota 3).
- 4 que las administraciones consideren el material técnico que aparece en el Anexo 4 en sus discusiones bilaterales y multilaterales cuando autoricen el funcionamiento de las ETB con antenas inferiores a 1,2 metros en la banda 14,0-14,5 GHz para garantizar que estas antenas más pequeñas cumplen lo dispuesto en la Resolución 902 (CMR-03).

NOTA 1 – Los métodos de esta Recomendación utilizan los criterios de protección frente a interferencias del servicio fijo. A título de ejemplo, la Recomendación UIT-R SF.1006 proporciona dichos criterios, pero los criterios aplicables a corto plazo pueden ser conformes sólo con la Recomendación UIT-T G.821. Por otro lado, la Recomendación UIT-R SF.1650 proporciona criterios de protección a corto plazo del servicio fijo para enlaces actualizados diseñados para cumplir los requisitos de las Recomendaciones UIT-T G.826 y UIT-T G.828.

NOTA 2 – Cuando se identifiquen frecuencias para las ETB, puede ser necesario tener en cuenta técnicas de mitigación. Por ejemplo, cuando las disposiciones de frecuencias del servicio fijo se basen en la Recomendación UIT-R F.383, la utilización de la banda central del servicio fijo en 6 GHz (cerca a 6,175 GHz) por los transmisores de la ETB puede reducir significativamente la interferencia potencial sobre los receptores del servicio fijo puesto que al considerar la interferencia sobre cualquier canal del servicio fijo, el filtrado en el receptor constituye un factor beneficioso.

NOTA 3 – El método del Anexo 2 puede complementarse con el método del Anexo 3.

Anexo 1

Directrices para la identificación y utilización de puntos del contorno de maniobra* para determinar las interferencias producidas por las emisiones de una ETB en movimiento sobre una estación del servicio fijo (método de los puntos de contorno críticos)

El método siguiente puede utilizarse como referencia para la evaluación global de la interferencia sobre estaciones del servicio fijo procedente de ETB que funcionan a una distancia inferior a la distancia mínima.

1 Introducción

El método para la evaluación de la interferencia potencial entre una estación del SFS y una estación del servicio fijo es el que figura en la Recomendación UIT-R SF.1006, en el cual se supone que existe una relación espacial constante entre las estaciones del SFS y del servicio fijo. Las ETB en movimiento dentro de un puerto o ensenada que se dirigen a un muelle o que se disponen a anclar tienen una relación variable con las estaciones del servicio fijo en movimiento.

La Recomendación UIT-R SF.1585 describe un método para utilizar el contorno de maniobra de barcos equipados con ETB al objeto de determinar una zona que pueda ser utilizada para identificar estaciones del servicio fijo que podrían experimentar una interferencia inadmisibles procedente de una ETB que se desplace a lo largo de dicho contorno. Con los procedimientos existentes, dicha interferencia perjudicial debería ser calculada como si la ETB permaneciera estática en cada punto a lo largo de la ruta del barco cuando éste se encuentra dentro de dicha zona.

* El contorno de maniobra se describe en la Recomendación UIT-R SF.1585.

Este anexo proporciona una metodología denominada método de puntos de contorno críticos que simplifica la determinación de la interferencia potencial sobre estaciones del servicio fijo considerando un conjunto reducido de puntos del contorno de maniobra. Cada uno de dichos puntos se denomina punto de contorno crítico (PCC). Algunos de estos puntos son específicos del contorno de maniobra, mientras que otros son específicos de la estación del servicio fijo de que se trate.

2 Consideraciones en la determinación de los PCC

2.1 Funcionamiento estacionario

En el caso de funcionamiento de una ETB que no se encuentre en movimiento, la interferencia potencial puede evaluarse utilizando la Recomendación UIT-R SF.1006 o UIT-R SM.1448, o mediante cualquier procedimiento que haya sido acordado entre las administraciones implicadas, tal como se aplicaría a cualquier nueva estación del SFS.

2.2 Funcionamiento en movimiento

Cada estación del servicio fijo dentro de una zona concreta (por ejemplo, como se describe la Recomendación UIT-R SF.1585) debe ser examinada para determinar si experimentará una interferencia superior a la admisible. Normalmente, ello requiere evaluar la interferencia potencial sobre cada estación del servicio fijo desde cada punto de la ruta de un buque equipado con una ETB que se encuentre en movimiento dentro del contorno de maniobra. Sin embargo, la metodología del PCC ofrece un enfoque que permite reducir dichos requisitos de cálculo identificando un número reducido de puntos para cada receptor del servicio fijo en una zona determinada.

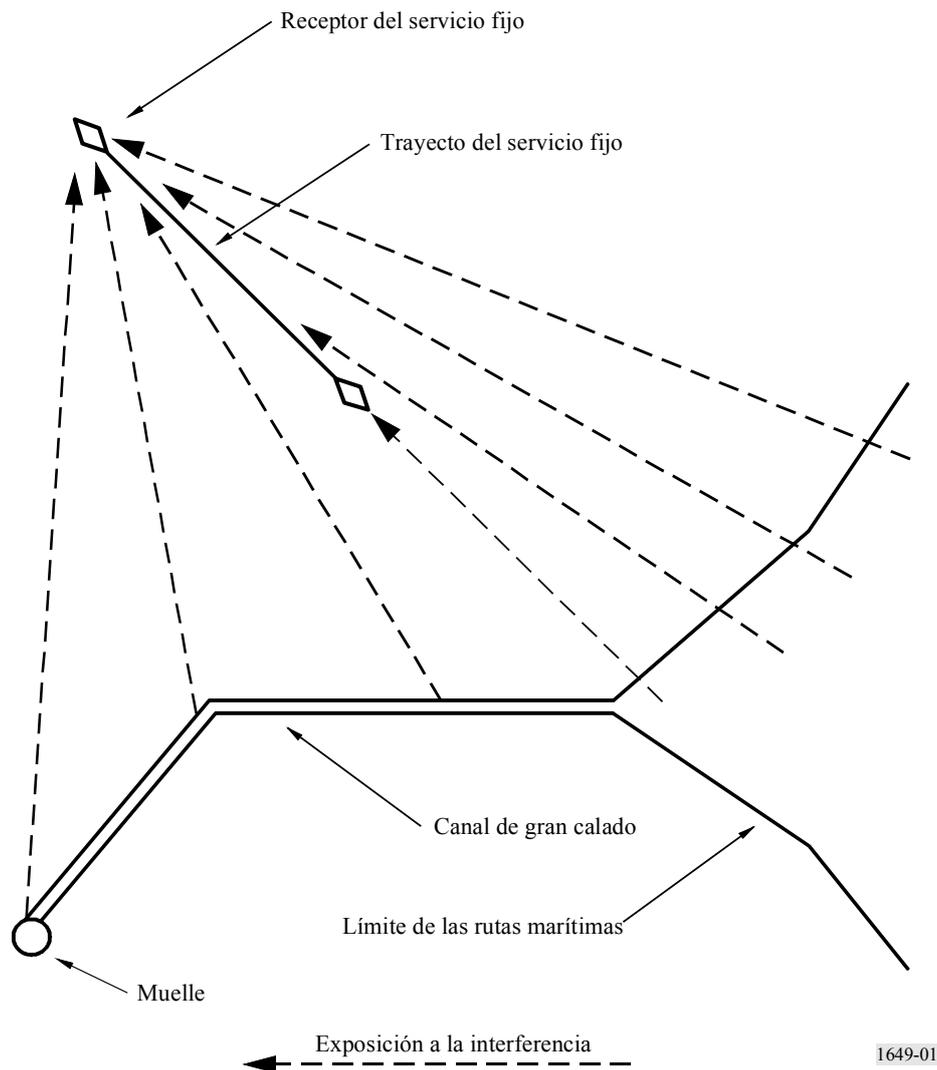
2.2.1 Identificación de los PCC para cada receptor del servicio fijo potencialmente afectado

Para cualquier exposición a la interferencia sobre un receptor concreto del servicio fijo que proceda de una ETB situada en un barco en movimiento, existen en el cálculo tres variables relacionadas con la posición:

- atenuación de propagación que se supera durante todo el tiempo, salvo durante un porcentaje de tiempo dado. Esta atenuación es función de la longitud del trayecto de interferencia y de la zona radiometeorológica, e igualmente puede incluir los efectos de cualquier obstrucción que exista en el trayecto de interferencia;
- la ganancia de la antena del receptor del servicio fijo, y
- la ganancia sobre el horizonte de la antena de la ETB.

Para cada punto del contorno de maniobra, definido por el canal de gran calado (véase la Fig. 1), pueden determinarse los tres factores mencionados.

FIGURA 1
Geometría de interferencia básica



Al objeto de evaluar la interferencia potencial, el contorno de maniobra se establece de forma aproximada mediante un conjunto de segmentos rectos. La identificación de los PCC depende de la posición y de la alineación del trayecto del servicio fijo con respecto al contorno de maniobra, debiéndose distinguir varios casos. En aquellos casos en que el acimut del eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo no cruce parte alguna de la zona de maniobra de la ETB, los PCC son los puntos a lo largo del contorno de maniobra en que éste cambia de dirección o alcanza la distancia límite mar adentro más allá de la cual no es necesaria coordinación. En aquellos casos en que el acimut del eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo corta el contorno de maniobra, es necesario aumentar y/o modificar el número de PCC. En cualquier caso, deben utilizarse los mismos PCC para la interferencia a largo plazo y para la interferencia a corto plazo causada a la estación del servicio fijo considerada. La interferencia que una ETB en funcionamiento y en movimiento produce sobre un receptor del servicio fijo situado dentro de la zona en la que debe evaluarse la interferencia potencial desde la ETB, se calcula suponiendo para cada receptor el funcionamiento en cada PCC, utilizando modelos de atenuación de propagación como los de la Recomendación UIT-R P.452. El objetivo de esta evaluación es identificar frecuencias que puedan ser utilizadas por las ETB en movimiento sin causar niveles de interferencia inadmisibles sobre estaciones del servicio fijo.

Para identificar los PCC con respecto a un determinado receptor del servicio fijo, deben distinguirse tres casos:

Caso 1: Cuando el eje del lóbulo principal de la antena de recepción del servicio fijo no cruza el contorno de maniobra. Los únicos PCC necesarios para este caso son los puntos en los que el contorno de maniobra de la ETB cambia de dirección.

Caso 2: Cuando el lóbulo principal de la antena del servicio fijo (zona de hasta 10 dB de la ganancia máxima de la antena) se encuentra en su totalidad en un segmento del contorno de maniobra. Los puntos del contorno de maniobra en los que la ganancia de la antena se encuentra a 10 dB del máximo determinan dos PCC adicionales. El segmento del contorno de maniobra entre esos dos PCC contiene el punto de intersección natural (PIN), donde el eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo cruza el contorno de maniobra. El PIN siempre se considera como un PCC.

Caso 3: Cuando el PIN está suficientemente cerca de uno de los puntos en los que el contorno de maniobra cambia de dirección, de forma que el lóbulo principal de la antena del servicio fijo abarque más de un segmento del contorno de maniobra. Este caso es más probable cuando el PIN se encuentra próximo a uno de los puntos en los que el contorno de maniobra de la ETB cambia de dirección. Tal como ocurre en el Caso 2, la intersección del contorno de maniobra con los puntos a 10 dB del diagrama de radiación de la antena determina dos PCC adicionales; sin embargo, en este caso, no es necesario considerar el punto original dentro del lóbulo principal como PCC.

Una posibilidad adicional: Si existiese un punto del contorno de maniobra de una ETB desde el que la ganancia máxima sobre el horizonte de la ETB se dirige directamente hacia un receptor del servicio fijo, dicho punto del contorno puede ser considerado como un PCC adicional para dicho receptor del servicio fijo con independencia del caso aplicable.

2.2.2 Consideración de la interferencia a largo plazo

La interferencia a largo plazo se determina como la suma de la potencia interferente desde cada segmento del contorno de maniobra que va desde el muelle hasta el final del contorno de maniobra, más allá del cual no se necesita coordinación. Es decir, es el resultado de la suma de las contribuciones resultantes del funcionamiento entre dos PCC sucesivos respecto a una estación receptora del servicio fijo*. El procedimiento del Anexo 2 utiliza el principio de la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) de la Recomendación UIT-R F.1108. La única diferencia es que la atenuación de propagación necesaria para el cálculo es la atenuación de propagación desde cada PCC que se supera durante todo el tiempo salvo durante el 20% del mismo. La contribución a la DFC desde cada segmento puede calcularse de forma cerrada en base a la potencia de interferencia media recibida debida al funcionamiento de la ETB en el segmento, incluido el efecto del tiempo invertido en cada segmento en múltiples pasadas de ETB. Para un segmento que no contenga un PIN esta media se calcula suponiendo que la suma de la ganancia (dB) de las antenas del servicio fijo y de la ETB varían de forma lineal a lo largo del segmento. La media sobre un segmento que contenga un PIN se determina suponiendo que el lóbulo principal de la antena del servicio fijo tiene un contorno gaussiano, tal como se indica en la Recomendación UIT-R F.1245.

El criterio que se aplica a esta interferencia es el nivel de potencia correspondiente a la interferencia a largo plazo de la Recomendación UIT-R SF.1006 o UIT-R F.758.

* El contorno de funcionamiento se define en la Recomendación UIT-R SF.1585.

2.2.3 Consideración de la interferencia a corto plazo

El grado de aceptación de la interferencia a corto plazo puede determinarse valorando si la potencia de interferencia debida al funcionamiento cerca de cualquier PCC supera el valor especificado por el criterio a corto plazo durante más de un porcentaje de tiempo aceptable, p_{ST} . Para este fin, pueden utilizarse los criterios de interferencia a corto plazo de la Recomendación UIT-R SF.1650 para las bandas de 6 y 14 GHz.

La determinación de la potencia interferente a corto plazo debida al funcionamiento de la ETB cerca de un PCC depende de la atenuación de propagación sobre el trayecto desde dicho PCC. En concreto, depende de la atenuación de propagación que se supere durante todo el tiempo salvo un porcentaje muy pequeño del mismo, porcentaje que es inversamente proporcional al porcentaje de tiempo, p_{ETBi} , asociado al funcionamiento de la ETB cerca de dicho PCC. Este enfoque, que se describe con detalle en el Anexo 2, es similar al utilizado en la Recomendación UIT-R SF.1485, o en el punto 2.2.2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R SM.1448. El porcentaje de tiempo asociado al funcionamiento de la ETB cerca de un PCC depende de la situación que sea aplicable de entre los tres casos descritos en el punto 2.2.1.

Cuando el eje del lóbulo principal de la estación del servicio fijo tiene un punto de intersección natural sobre el contorno de maniobra de la ETB, el porcentaje de tiempo, p_{ETBi} , asociado al funcionamiento de la ETB cerca de dicho PIN está directamente relacionado con el tiempo que tarda una ETB en moverse a lo largo del contorno de maniobra entre dos puntos a 10 dB de ganancia de la antena del servicio fijo.

Excepto para los PCC adyacentes a un PIN, que se tratan como puntos extremos del contorno de maniobra, el porcentaje de tiempo, p_{ETBi} , depende del tiempo que tarda la ETB en desplazarse desde el punto medio del segmento precedente del contorno de maniobra hasta el punto medio del segmento siguiente del contorno de maniobra. Cuando el PCC es un punto extremo del contorno de maniobra, uno de dichos segmentos no existe y su contribución se considera nula.

También es probable que ocurran situaciones más complejas, pero éstas pueden ser tratadas utilizando un enfoque similar al aquí propuesto.

3 Aplicación de la metodología de los PCC para identificar el espectro disponible

El espectro disponible para terminales ETB en barcos que se encuentren en ruta hacia un puerto o en la cercanía del mismo, puede determinarse utilizando la metodología de PCC para evaluar si la utilización de una frecuencia determinada resultará en una interferencia superior a la admisible entre la ETB y las estaciones del servicio fijo.

Una vez que se han determinado los PCC para una estación receptora del servicio fijo, puede utilizarse el Anexo 2 para determinar si son admisibles los niveles de interferencia a corto plazo y a largo plazo. Los rangos de frecuencia para los que el funcionamiento de las ETB no causa interferencia inadmisibile sobre ningún receptor del servicio fijo, pueden asignarse para ser utilizados por las ETB que visiten el puerto.

Anexo 2

Cálculo de la interferencia procedente de ETB

1 Introducción

La Resolución 82 (CMR-2000) se ocupa de las disposiciones relativas a ETB que funcionan en las bandas de frecuencias 3 700-4 200 MHz y 5 925-6 425 MHz. En el Grupo de Trabajo 4-9S se han desarrollado tres nuevas Recomendaciones, dos de las cuales sólo requieren que se consideren criterios de interferencia a corto plazo. En concreto, la Recomendación UIT-R SF.1650, que determina la distancia mar adentro más allá de la cual no es necesario tener en cuenta la interferencia sobre el servicio fijo, y la Recomendación UIT-R SF.1585, que determina la zona dentro de la cual debe tenerse en cuenta la interferencia potencial procedente de las ETB cuando éstas funcionen a una distancia inferior a la distancia mar adentro antes mencionada. Finalmente, la tercera es esta Recomendación, que determina la interferencia potencial que pueden producir las ETB cuando funcionan a una distancia inferior a dicha distancia mar adentro.

En el Anexo 1 se determinan los puntos que sirven para calcular la interferencia potencial de las ETB. Una vez que éstos se han determinado, es necesario considerar la interferencia sobre estaciones situadas más allá del horizonte radioeléctrico, así como la interferencia sobre estaciones que tienen un acoplamiento por visibilidad directa con las posiciones de funcionamiento de una ETB en movimiento. En caso de estaciones terrenas transmisoras fijas, la evaluación de la interferencia sobre receptores del servicio fijo más allá del horizonte está limitada por la aplicación de criterios de interferencia a corto plazo, y evaluación de la interferencia sobre receptores con acoplamiento por visibilidad directa está limitada por la aplicación de criterios de interferencia a largo plazo. La Recomendación UIT-R SF.1006 proporciona la metodología y los criterios para evaluar la interferencia a corto y a largo plazo, y recomienda que se cumplan ambos criterios para determinar la interferencia potencial. Si bien las ETB añaden complejidad a la determinación de la interferencia potencial, los principios son los mismos: las estaciones lejanas están protegidas de la interferencia de alta potencia y corta duración por los criterios a corto plazo; las estaciones cercanas están protegidas por los criterios a largo plazo, que protegen el margen de desvanecimiento del receptor. Este anexo proporciona las bases para determinar la interferencia potencial en todos los casos de interés.

En el punto 2 siguiente se describen las estadísticas de la atenuación de propagación entre dos estaciones situadas en la superficie de la Tierra y muestra, para trayectos de distintas longitudes, la relación entre la atenuación que se supera durante todo el tiempo salvo un porcentaje reducido y los criterios de interferencia a corto y a largo plazo que se aplican cuando la estación terrena transmisora se encuentra en una ubicación fija. En el punto 3 se describe cómo calcular la interferencia potencial cuando existe la complejidad adicional a que da lugar el movimiento de la estación interferente, y se desarrolla un enfoque derivado de la utilización del concepto de DFC de la Recomendación UIT-R F.1108, junto con la metodología basada en los PCC del Anexo 1 a esta Recomendación. En el punto 4 se muestra que este enfoque permite disponer de un método para determinar el grado de aceptación de la interferencia potencial basado en los criterios de interferencia a largo plazo existentes. En el punto 5 se incluye un enfoque para tener en cuenta la interferencia a corto plazo sobre la base del mismo conjunto de PCC.

2 Atenuación de propagación mínima requerida para un porcentaje de tiempo fijo con estaciones estáticas

La atenuación de propagación mínima requerida para cumplir el nivel admisible de potencia interferente en los terminales de la antena de una estación fija receptora para un porcentaje de tiempo, p , puede obtenerse a partir de la Recomendación UIT-R SM.1448, donde la atenuación mínima requerida es la atenuación que debe ser igualada o superada en el trayecto de atenuación previsto durante todo el tiempo salvo el $p\%$ ¹. Por lo tanto:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (1)$$

donde:

- p : porcentaje máximo de tiempo durante el que puede superarse la interferencia máxima permitida
- $L_b(p)$: atenuación mínima requerida (dB) del modo de propagación (1) durante el $p\%$ del tiempo; es el valor que debe superar la atenuación del trayecto del modo de propagación predicho (1) durante todo el tiempo, salvo el $p\%$ del mismo
- P_t : nivel de potencia máxima transmitida disponible (dBW) en la anchura de banda de referencia en los terminales de la antena de una estación terrenal transmisora o de una estación terrena transmisora
- $P_r(p)$: potencia interferente admisible de una emisión interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que puede superarse durante no más del $p\%$ del tiempo en los terminales de la antena de una estación terrenal receptora sujeta a interferencia, cuando las emisiones interferentes tienen una única fuente
- G_t : ganancia (dB, isótropa equivalente) de la antena de la estación terrenal o estación terrena transmisora. En el caso de una estación terrena transmisora, es la ganancia de la antena hacia el horizonte físico en un acimut dado
- G_r : ganancia (dB, isótropa equivalente) de la antena receptora de la estación terrenal o estación terrena sujeta a interferencia. En el caso de una estación terrenal receptora, se debe utilizar la ganancia máxima del eje principal de la antena.

Para la interferencia a largo plazo, el porcentaje de tiempo que normalmente se utiliza es el 20% y la potencia interferente permitida es, de acuerdo con la Recomendación UIT-R SF.1006, la siguiente:

$$P_r(20) = 10 \log(k T_e B) + J \quad \text{dBW} \quad (2)$$

donde:

- k : constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
- T_e : temperatura de ruido térmico del sistema receptor (K), en el terminal de la antena receptora

¹ Cuando p es un porcentaje pequeño de tiempo, en la gama comprendida entre 0,001% y 1,0%, se dice que la interferencia es de corto plazo; si $p \geq 20\%$, se dice que la interferencia es de largo plazo.

- B*: anchura de banda de referencia (Hz), es decir, la anchura de banda en la estación receptora sujeta a interferencia y sobre la cual puede promediarse la potencia de la emisión interferente
- J*: relación (dB) entre la potencia interferente a largo plazo admisible procedente de una fuente interferente cualquiera y el ruido térmico del sistema receptor.

Para la interferencia a corto plazo, el porcentaje de tiempo es una parte del porcentaje total de tiempo permitido de interferencia. Para este análisis, se considera un porcentaje del 0,001%, siendo:

$$P_r(0,001) = 10 \log(k T_e B) + 10 \log(10^{M_s/10} - 1) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

donde M_s es el margen de funcionamiento del enlace (dB).

Obsérvese que la potencia admisible de interferencia a corto plazo es significativamente superior a la potencia admisible de interferencia a largo plazo. Es decir,

$$P_r(0,001) - P_r(20) = 10 \log(10^{M_s/10} - 1) - J \quad \text{dB} \quad (4)$$

En la Recomendación UIT-R SF.1650 se utiliza un valor de M_s de 19 dB para calcular el nivel de potencia interferente admisible a corto plazo. Suponiendo que el valor representativo de J es -10 dB, la diferencia de la ecuación (4) sería la siguiente:

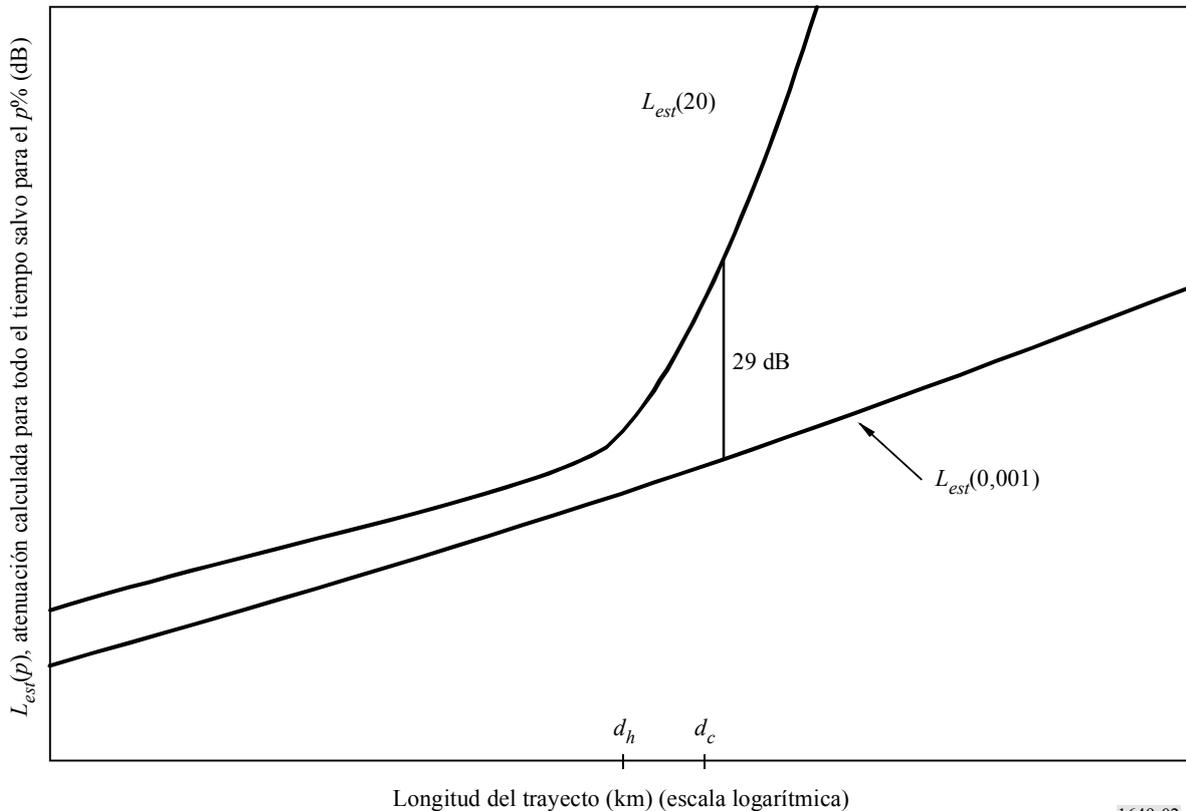
$$P_r(0,001) - P_r(20) \approx 29 \text{ P} \quad \text{dB} \quad (5)$$

Estos niveles de potencia interferente admisible pueden utilizarse en la ecuación (1) para determinar la atenuación de propagación mínima requerida que debe ser superada por la atenuación del trayecto durante todo el tiempo salvo el mismo porcentaje de tiempo. La atenuación de trayecto predicha que se supera durante todo el tiempo, salvo durante un porcentaje de tiempo p , puede calcularse mediante el procedimiento de la Recomendación UIT-R P.452, y se denomina $L_{452}(p)$. La variación con la distancia de la atenuación de trayecto predicha que se supera durante todo el tiempo, salvo durante el 20% del mismo, y durante todo el tiempo salvo el 0,001% es, típicamente, la que se muestra en la Fig. 2.

Para las alturas elegidas de las antenas, el trayecto de propagación desde la fuente interferente hasta el receptor del servicio fijo es prácticamente igual a la distancia del trayecto d_h . Para distancias mayores el receptor se encuentra más allá del horizonte radioeléctrico y la atenuación predicha que se supera durante todo el tiempo salvo el 20% del mismo, $L_{452}(20)$, aumenta rápidamente con la distancia. A la distancia crítica, d_c , la diferencia entre la atenuación predicha que se supera durante todo el tiempo salvo el 20%, es superior en 29 dB a la que se supera durante el 0,001% del tiempo. Por tanto, a esta distancia los criterios de interferencia a corto y a largo plazo para estos porcentajes de tiempo se cumplen ambos o no se cumple ninguno. Para distancias mayores, siempre se cumple el criterio de interferencia a largo plazo si se cumple el criterio a corto plazo. Para distancias inferiores siempre, se cumple el criterio a corto plazo si se cumple el criterio a largo plazo. Por este motivo, para determinar la zona de coordinación sólo se utiliza el criterio a corto plazo.

FIGURA 2

Variación con la distancia de la atenuación de trayecto predicha para todo el tiempo salvo para el 20% y el 0,001% respectivamente (estimada)



1649-02

3 Efecto de la variación con el tiempo de parámetros distintos a la atenuación de propagación

En caso de ETB, la potencia interferente en la antena receptora está sujeta a cambios debidos al movimiento de la estación terrena transmisora, así como a la variación con el tiempo de la atenuación de propagación. Las consideraciones relativas a la interferencia a corto y a largo plazo pueden tenerse en cuenta adaptando técnicas utilizadas en otras situaciones de compartición. En los siguientes puntos se presentan distintos procedimientos para tener en cuenta la interferencia a corto plazo y a largo plazo para ETB en movimiento.

3.1 Consideración de la interferencia a corto plazo

Las consideraciones relativas a la interferencia a corto plazo procedente de las ETB no son distintas, pero sí más complejas, que las utilizadas para determinar la zona de coordinación de estaciones fijas receptoras respecto a estaciones terrenas que operan con estaciones espaciales no OSG. En el caso de sistemas no OSG, sólo varía con el tiempo la ganancia hacia el horizonte, G_t , que se muestra en la ecuación (1). Se sugiere utilizar el método de la ganancia dependiente del tiempo (TVG, *time-varying gain*), que se describe en el punto 2.2.1 de la Recomendación UIT-R SM.1448, como método suplementario para dichos escenarios (véase también la Recomendación UIT-R SF.1485). La aplicación del método TVG exige determinar la distribución acumulativa de la ganancia hacia el horizonte en la dirección de la estación fija que se supera durante porcentajes de tiempo, p_n . Para cada porcentaje p_n , la ganancia hacia el horizonte asociada y la potencia interferente

admisibles, $P_i(p)$, se utilizan en la ecuación (1) para determinar la atenuación mínima requerida que debe superarse durante todo el tiempo, salvo durante $p_v\%$, con la limitación siguiente:

$$p_v = \begin{cases} 100 p/p_n & \text{para } p_n \geq 2 p \\ 50 & \text{para } p_n < 2 p \end{cases} \quad \% \quad (6)$$

En la determinación de la zona de coordinación, la atenuación de trayecto predicha para el $p_v\%$ del tiempo debe superar dicho valor de atenuación para cada p_n a la distancia de coordinación.

El caso de una ETB es más complejo puesto que el trayecto interferente desde la ETB hasta la estación fija también cambia conforme se desplaza el barco. Por lo tanto, no existe una asociación exclusiva con los porcentajes p_n y los valores de la ganancia, G_n . Para determinar la interferencia potencial, es necesario considerar como PCC una serie de puntos a lo largo del contorno de maniobras de la ETB, y asociar a cada uno de ellos una ganancia hacia el horizonte de la antena transmisora y un porcentaje de tiempo.

3.2 Consideración de la interferencia a largo plazo

La interferencia a largo plazo procedente de las ETB sólo es necesaria para calcular la interferencia potencial. Este escenario no es distinto de los escenarios de interferencia espacio-Tierra desde satélites no OSG sobre receptores del servicio fijo, para los cuales se ha desarrollado el concepto de DFC. En la Recomendación UIT-R F.1108 se define la DFC como:

$$DFC = \frac{\sum_i f_i I_i}{N_T} = \frac{\text{Potencia interferente media}}{N_T} \quad (7)$$

donde:

- N_T : potencia de ruido a la entrada del receptor en la anchura de banda B (dB(W/B))
- B : anchura de banda de referencia
- I_i : i -ésimo nivel de potencia interferente a la entrada del receptor en la anchura de banda B (W/B)
- f_i : fracción del tiempo durante el que está presente el i -ésimo nivel de interferencia.

En el caso de interferencia procedente de satélites no OSG, se supone normalmente que las emisiones del satélite se propagan en condiciones de espacio libre, aunque en algunos casos se incluyen las pérdidas atmosféricas. Por tanto, la DFC se determina mediante la ecuación (7) utilizando una simulación para obtener los valores de potencia interferente y la fracción de tiempo para la que dichos valores tienen lugar. Para considerar la interferencia entre estaciones terrenales fijas y estaciones terrenales fijas, el procedimiento normal consiste en utilizar un modelo de propagación como el de la Recomendación UIT-R P.452 para determinar la atenuación de propagación. Puede desarrollarse un enfoque común utilizando la Recomendación UIT-R P.452 para determinar la atenuación de propagación que se excede durante todo el tiempo, salvo el 20%, hasta un PCC. Ajustando esta atenuación de acuerdo con la variación con el cuadrado de la distancia de la atenuación en el espacio libre, se puede determinar, de forma cerrada por integración directa, la contribución a la DFC del funcionamiento de una ETB a lo largo de las secciones del trayecto. Para adaptarse más exactamente a la metodología utilizada para determinar la interferencia potencial en el caso de estaciones terrenales, ésta se determinará en base a la potencia interferente media – el numerador de la ecuación (7). Esta potencia media puede compararse directamente con el valor admisible de la interferencia a largo plazo. Este enfoque se describe con más detalle en el punto 4.

4 Consideración detallada de la interferencia a largo plazo

Para tener en cuenta la interferencia a largo plazo procedente de las ETB que operan en un contorno de maniobras situado más próximo a la costa que la distancia mar adentro antes mencionada, es necesario en primer lugar descomponer el contorno de maniobras en un conjunto de segmentos rectos. Los extremos de estos segmentos rectos permiten determinar todos los PCC definidos mediante el método del Anexo 1 y que son necesarios para calcular la potencia interferente media. Cuando el eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo cruza uno de dichos segmentos, el punto de intersección es también un PCC para dicha estación del servicio fijo. La potencia interferente media es la suma de las contribuciones desde cada segmento del contorno de maniobras. De acuerdo con la Recomendación UIT-R SF.1650 y la notación asociada, se supone que f_{ETB} buques transitan anualmente por el contorno de maniobras, cada uno a una velocidad constante de v_{ETB} km/h.

Cuando un segmento incluye un cruce con el eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo, es probable que la contribución debida al tránsito de las ETB a través del lóbulo principal domine la contribución de dicho segmento a la potencia interferente media. En las dos cláusulas siguientes se consideran las contribuciones debidas al tránsito por el lóbulo principal y al tránsito a través de un segmento que no incluya un cruce con el eje del lóbulo principal, respectivamente. En una tercera cláusula adicional, se incluye el procedimiento general que tiene en cuenta todas las contribuciones a la potencia interferente media.

4.1 Contribución a la potencia interferente media del tránsito a través del lóbulo principal de una antena

Se pueden utilizar las Recomendaciones UIT-R F.699 o UIT-R F.1245 para proporcionar la forma funcional de la ganancia de antena del servicio fijo (dBi) para un ángulo de φ_d (grados) desde el eje de puntería :

$$G_r(\varphi_d) = G_{m\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \varphi_d^2 \quad \text{para } \varphi_d < \varphi_{dm}$$

donde:

$$\frac{D}{\lambda} = 10^{(G_{m\acute{a}x} - 7,7)/20} \quad (\text{relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda})$$

$$\varphi_{dm} = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{m\acute{a}x} - G_1} \quad (\text{ángulo de desviación respecto al eje de puntería del primer lóbulo lateral (grados)})$$

$$G_1 = 2 + 15 \log(D/\lambda) \quad (\text{ganancia de la antena en el primer lóbulo lateral (dBi)}).$$

La relación de ganancia en el lóbulo principal a un ángulo de φ_d (grados) del eje de puntería viene dado por²:

$$g_r(\varphi_r) = g_{m\acute{a}x} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} \quad \text{para } \varphi_r < \varphi_{dm} \quad (8)$$

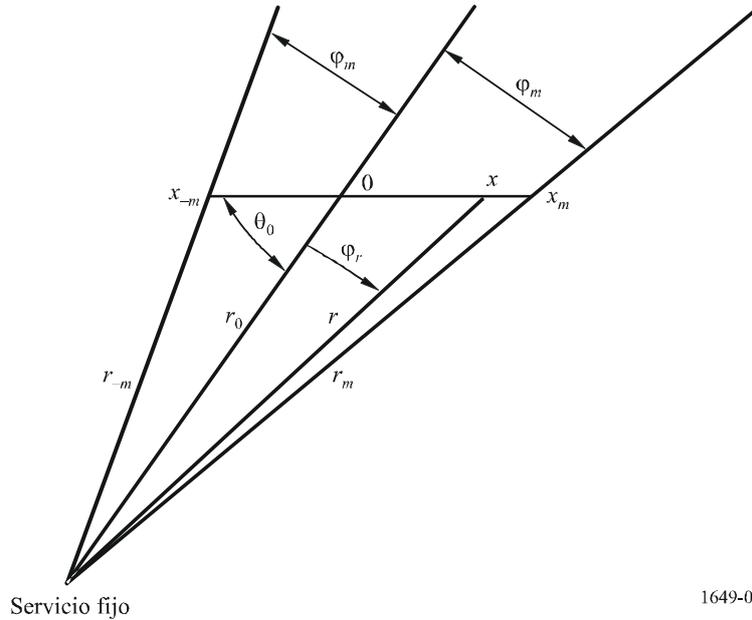
² En estos cálculos, las cantidades expresadas en dB, dBi o dBW se identifican mediante caracteres en letras mayúsculas y cursiva. Cuando las mismas cantidades se expresan como relaciones de potencia o en unidades de potencia, se identifican mediante el mismo carácter en minúsculas y con el mismo subíndice. Por ejemplo, $g_{m\acute{a}x} = 10^{G_{m\acute{a}x}/10} = e^{G_{m\acute{a}x} \ln(10)/10}$.

donde:

$$\alpha^2 = \frac{\ln(10)}{10} (2,5 \times 10^{-3}) \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

FIGURA 3

Geometría del tránsito de una ETB a través del lóbulo principal



1649-03

En la Fig. 3 se representa la geometría del paso por un lóbulo principal. La ruta de maniobras de la ETB discurre a través del eje x , que cruza al eje del lóbulo principal en $x = 0$ con un ángulo θ_0 . El lóbulo principal de la antena tiene una anchura de haz a -10 dB ($2 \varphi_m$) menor de 2° para una antena con una ganancia máxima de 45 dBi, que es representativa de los sistemas en la banda de 6 GHz. El lóbulo principal cruza la ruta que sigue la ETB a lo largo del rango de x comprendido entre x_{-m} y x_m . La potencia recibida (vatios en la anchura de banda de referencia) cuando una ETB se desplaza x km desde el punto en el que el lóbulo principal cruza el camino de la ETB y se encuentra a una distancia de r km del receptor del servicio fijo, puede expresarse como:

$$P_{r,x} = \frac{P_t g_{t0} g_{r \text{ máx}}}{\ell_{452}(20) \ell_F} \frac{r_0^2}{r^2} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} \quad (9)$$

donde:

- P_t : potencia de transmisión (W) en la anchura de banda de referencia
- g_{t0} : ganancia de la antena transmisora (como relación) hacia el receptor del servicio fijo cuando la ETB se encuentra en la intersección del haz
- $g_{r \text{ máx}}$: ganancia máxima (como relación) de la antena receptora
- ℓ_F : relación de la pérdida del alimentador del sistema receptor del servicio fijo
- $\ell_{452}(20)$: relación de atenuación de propagación hasta la intersección del haz, calculada conforme a la Recomendación UIT-R P.452, que se supera durante todo el tiempo salvo el 20%

φ_r : ángulo con el eje del lóbulo principal (grados)

φ_m : ángulo del eje del lóbulo principal (grados) para el que la ganancia de la antena receptora es 10 dB inferior al máximo.

Obsérvese que la ganancia de la antena transmisora se supone constante sobre una región angular estrecha (inferior a 2°), y que la atenuación de propagación se ha calculado para la distancia r .

Puesto que la anchura mitad del lóbulo principal es inferior a 1°, resulta que aproximadamente:

$$r = r_0 + x \cos \theta_0$$

$$\varphi_r = (180/\pi)x \sin \theta_0 / (r_0 + x \cos \theta_0)$$

El valor medio de la potencia interferente para un transmisor uniformemente distribuido a lo largo de la ruta desde x_{-m} a x_m es:

$$\overline{p_{r,0}} = \frac{1}{x_m - x_{-m}} \int_{x_{-m}}^{x_m} p_{r,x} \, dx$$

donde $p_{r,x}$ viene dado por la ecuación (9). Haciendo un cambio de la variable de integración para que ésta sea φ_r , resulta:

$$\overline{p_{r,0}} = \frac{P_t g_{t0} g_{r \text{ máx}}}{\ell_{452}(20) \ell_F} \frac{2\varphi_m r_0 (\pi/180)}{(x_m - x_{-m}) \sin \theta_0} \left[\frac{1}{2\varphi_m} \int_{-\varphi_m}^{\varphi_m} e^{-\alpha^2 \varphi_r^2} d\varphi_r \right] \quad (10)$$

El término entre corchetes es la ganancia media calculada respecto a $g_{r \text{ máx}}$ (como relación) del lóbulo principal medido entre los ángulos en los que la ganancia es 10 dB inferior a la ganancia máxima. Para el diagrama de referencia de la antena de la Recomendación UIT-R F.699 o UIT-R F.1245, esta cantidad vale 0,565.

El valor medio que se obtiene de la ecuación (10) puede convertirse en la potencia agregada media a lo largo de un año multiplicando por la fracción del año en la que dicha potencia interferente media está presente. El tiempo en horas que tarda un buque en atravesar el lóbulo principal es $(x_m - x_{-m})/v_{ETB}$. Si el número de buques que atraviesan anualmente el lóbulo principal es f_{ETB} , la interferencia media agregada a lo largo del año es³:

$$\tilde{I}_{0,av} = \frac{P_t g_{t0} g_{r \text{ máx}}}{\ell_{452}(20) \ell_F} \frac{2\pi\varphi_m r_0}{180 v_{ESV} \sin \theta_0} \frac{f_{ETB}}{8760} (0,565) \quad (11)$$

donde 8 760 es el número de horas de un año.

Obsérvese que la potencia interferente a largo plazo media es significativamente inferior a la que se asignaría a una estación terrena de las mismas características que estuviese permanentemente situada en el punto en el que el eje de lóbulo principal de la antena del servicio fijo cruza la ruta de maniobra de la ETB. Por ejemplo, para un ángulo de cruce de 90°, que es el que causa la interferencia mínima y con 1 000 pasadas de un buque a una velocidad de 5 nudos (9,261 km/h) a

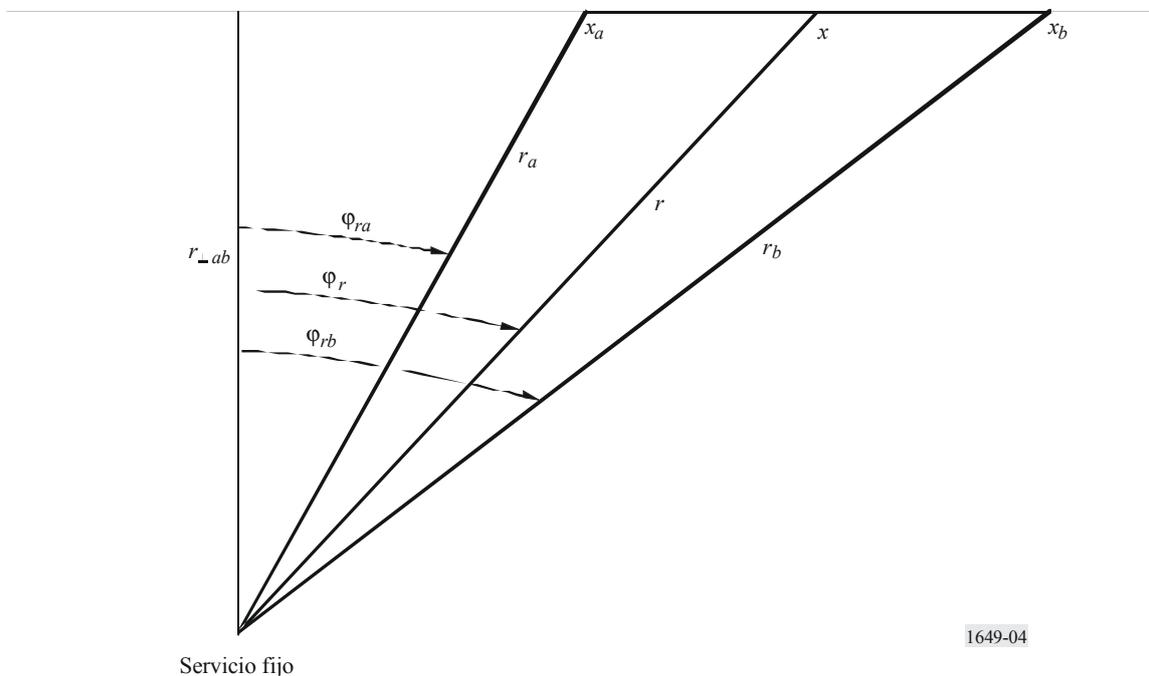
³ La tilde (~) sobre el símbolo de la potencia de interferencia media se utiliza como recordatorio de que esta cantidad es una potencia cuyas unidades son vatios en la anchura de banda de referencia.

una distancia de 20 km, la potencia de interferencia media que resulta de la ecuación (11) sería 23,8 dB inferior. Para la misma situación, salvo que el ángulo de cruce sea de 20° , la media sería solamente 19,1 dB inferior. Lógicamente habría que tener también en cuenta el efecto de otras ETB que estuviesen en funcionamiento en otras secciones de la ruta de maniobra, pues se reduciría dicha diferencia (dB). Incluso si dichas contribuciones pudieran despreciarse, no está claro si el criterio determinante sería el de largo plazo o el de corto plazo, dado que el criterio a corto plazo se aplicaría a la potencia interferente en la intersección del eje del lóbulo principal con el contorno de maniobra. Por este motivo, a las ETB en movimiento se deben aplicar ambos criterios, a largo plazo y a corto plazo.

4.2 Contribución a la potencia de interferencia media de un segmento que no cruza al lóbulo principal

FIGURA 4

Geometría del tránsito de una ETB a través de un segmento de un contorno de maniobra fuera del lóbulo principal de la antena del servicio fijo



1649-04

En la Fig. 4 se muestran la geometría y las coordenadas de este caso. El buque atraviesa un segmento del contorno de maniobra entre x_a y x_b . La formulación es similar a la de la ecuación (9), excepto en que la longitud del segmento puede ser mucho mayor que el tránsito a través de la anchura de un lóbulo. En consecuencia, en este caso la ganancia hacia el horizonte de la ETB se sustituye por su valor máximo sobre el acimut hacia el receptor del servicio fijo cuando pasa por el segmento. Si bien se podría incluir en una integración el diagrama de ganancia real de la antena del servicio fijo, un enfoque más sencillo consiste en asumir que la ganancia del sistema del servicio fijo (dBi) varía de forma lineal con el ángulo del acimut entre ϕ_a y ϕ_b . Obsérvese que los ángulos del acimut utilizados en esta fórmula se miden a partir de la perpendicular trazada desde la ubicación de la estación del servicio fijo hasta la línea que contiene al segmento entre x_a y x_b . La aproximación lineal es conservadora en la medida en que los diagramas de ganancia de la antena de referencia fuera del lóbulo principal son planos o cóncavos hacia arriba; ello no degrada la exactitud de los resultados puesto que la diferencia de la ganancia en un extremo del segmento y en otro no es normalmente grande. En consecuencia, la potencia recibida (medida en vatios en la anchura de banda de referencia) cuando la ETB se encuentra en dicho segmento a una distancia x del punto de

intersección con la perpendicular trazada desde la estación del servicio fijo hasta la línea que contiene el segmento, viene dada por:

$$p_{r,x} = \frac{P_t g_{t,ab}}{\ell_{452,a}(20) \ell_F} \frac{r_a^2 g_{r\varphi_r}}{r_{\perp ab}^2 + x^2} \quad (12)$$

donde:

- p_t : potencia de transmisión (W) en la anchura de banda de referencia
- $g_{t,ab}$: relación de la ganancia máxima de la antena transmisora hacia el receptor del servicio fijo cuando la ETB se encuentra entre x_a y x_b
- ℓ_F : relación de la pérdida del alimentador del sistema receptor del servicio fijo
- $\ell_{452,a}(20)$: relación de la atenuación de propagación hasta el punto x_a , calculado según la Recomendación UIT-R P.452, que se superará durante todo el tiempo salvo durante el 20% del mismo
- $g_{r\varphi_r}$: ganancia (como relación) de la antena receptora sobre el acimut φ_r hacia el punto x
- $r_{\perp ab}$: distancia desde la estación del servicio fijo a la línea que contiene el segmento entre x_a y x_b .

Bajo la hipótesis de que la ganancia de la antena receptora, (dB), varía de forma lineal desde G_a a φ_{ra} , hasta G_b a φ_{rb} , la relación de ganancia $g_{r\varphi_r}$ puede expresarse como:

$$g_{r\varphi_r} = g_{ra} e^{\frac{\ln(10)}{10} \left(\frac{G_{rb} - G_{ra}}{\varphi_{rb} - \varphi_{ra}} \right) (\varphi_r - \varphi_{ra})} \quad (13)$$

El valor medio de la potencia interferente $\overline{p_{r,ab}}$ sobre el segmento puede desarrollarse tal como en la ecuación (10), integrando la ecuación (12) sobre el intervalo de x_a a x_b y dividiendo por la longitud del intervalo. Cambiando la variable de integración a φ_r , donde $x = r_{\perp ab} \operatorname{tg}(\pi\varphi_r/180)$ resulta:

$$\overline{p_{r,ab}} = \frac{P_t g_{t,ab}}{\ell_{452,a}(20) \ell_F} \frac{\pi r_a^2 (\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{180 r_{\perp ab} (x_b - x_a)} \operatorname{sench}((G_b - G_a) \ln(10)/20) \quad (14)$$

donde los ángulos φ_{ra} y φ_{rb} se expresan en grados:

$$\operatorname{sench}(x) = \frac{\operatorname{senh}(x)}{x}$$

El tiempo en horas que tarda un buque en recorrer este segmento de la ruta de maniobras de una ETB es $(x_b - x_a)/v_{ETB}$. Si el número de buques que atraviesan anualmente el lóbulo principal es f_{ETB} , la potencia de interferencia media agregada procedente del segmento durante un año viene dada por:

$$\tilde{I}_{ab,av} = \frac{P_t g_{t,ab} \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{\ell_{452,a}(20) \ell_F} \frac{\pi r_a^2 (\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) f_{ETB}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ETB}} \operatorname{sench}((G_{rb} - G_{ra}) \ln(10)/20) \quad (15)$$

La evidencia de que esta expresión comienza con un valor aumentado de la atenuación de propagación en el punto x_a , radica en el término $r_a^2 / \ell_{452.a}(20)$ de la ecuación (15). Si la potencia de interferencia media se hubiese determinado a partir de la atenuación de propagación en el punto x_b , la potencia de interferencia media hubiese sido idéntica excepto en la sustitución del término $r_a^2 / \ell_{452.a}(20)$ por $r_b^2 / \ell_{452.b}(20)$. Si la atenuación de propagación superada durante todo el tiempo salvo el 20% variase de forma inversa al cuadrado de la distancia, ambos términos también serían idénticos. Un enfoque sencillo que compensa la desviación de la dependencia con la inversa del cuadrado de la distancia consiste en promediar los dos cálculos, resultando:

$$\begin{aligned} \tilde{I}_{ab,av} = & \frac{P_t g_{t,ab} \sqrt{g_{ra} g_{rb}}}{2 \ell_F} \frac{\pi(\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) f_{ETB}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ETB}} \left(\frac{r_a^2}{\ell_{452.a}(20)} + \frac{r_b^2}{\ell_{452.b}(20)} \right) \\ & \times \text{sench}((G_{rb} - G_{ra}) \ln(10) / 20) \end{aligned} \quad (16)$$

4.3 Potencia de interferencia media agregada procedente de un contorno de maniobras

Los PCC se identifican descomponiendo el contorno de maniobras de la ETB en segmentos rectos y determinando la ubicación geográfica de los puntos de contacto de los extremos de los segmentos. Después de identificar el acimut hacia cada uno de dichos puntos críticos desde un receptor del servicio fijo dado, puede determinarse fácilmente si el eje del lóbulo principal de la antena del servicio fijo cruza alguno de los segmentos.

Si el lóbulo principal no cruza ningún segmento, el valor medio de la interferencia potencial puede determinarse sumando las contribuciones de cada segmento del contorno de maniobras mediante la ecuación (16).

Si el lóbulo principal cruza alguno de los segmentos, existirán una, dos o tres contribuciones a la interferencia potencial media total como consecuencia del funcionamiento a lo largo de dicho segmento cruzado. Dichas contribuciones se añaden a la suma parcial obtenida de las contribuciones de cada uno de los restantes segmentos, tal como se calcula con la ecuación (16).

Las tres posibles contribuciones procedentes de un segmento cruzado se determinan de la forma siguiente:

- Una contribución correspondiente al paso por el lóbulo principal que se determina aplicando la ecuación (11). Si el segmento reside completamente dentro del lóbulo principal de la antena del servicio fijo, ésta es la única contribución de dicho segmento.
- La contribución de la parte o partes del segmento fuera del lóbulo principal de la antena del servicio fijo, puede calcularse mediante la ecuación (16) identificando el punto o puntos PCC adicionales en los bordes del lóbulo principal.

En todo este análisis, se ha supuesto que la ganancia sobre el horizonte de la antena transmisora de la ETB no presenta una fuerte variación en función del acimut. El procedimiento puede modificarse de forma sencilla para tener en cuenta la variación con el acimut de la ganancia sobre el horizonte. Cuando ninguna de las ganancias de las antenas presenta un máximo hacia las posiciones de la ETB en alguno de los segmentos, el valor promedio de la ganancia aplicada a la ganancia del receptor en el punto 4.2 puede aplicarse al producto de las relaciones de ganancia de transmisión y de recepción. En este caso, la ecuación (16) queda así:

$$\begin{aligned} \tilde{I}_{ab,av} = & \frac{P_t \sqrt{g_{ta} g_{ra} g_{tb} g_{rb}}}{2 \ell_F} \frac{\pi(\varphi_{rb} - \varphi_{ra}) f_{ETB}}{180 r_{\perp ab} 8760 v_{ETB}} \left(\frac{r_a^2}{\ell_{452.a}(20)} + \frac{r_b^2}{\ell_{452.b}(20)} \right) \\ & \times \text{sench}((G_{tb} + G_{rb} - G_{ta} - G_{ra}) \ln(10) / 20) \end{aligned} \quad (17)$$

donde:

- g_{ta} : relación de la ganancia de la antena transmisora hacia el receptor del servicio fijo cuando la ETB está en el PCC situado en x_a
- g_{tb} : relación de la ganancia de la antena transmisora hacia el receptor del servicio fijo cuando la ETB está en el PCC situado en x_b .

Alternativamente, si la ganancia de la antena transmisora tiene un máximo en la dirección del receptor del servicio fijo cuando la ETB transita a través de un segmento, y no ocurre lo mismo con la ganancia en recepción, puede obtenerse un resultado más exacto definiendo que el punto situado sobre el segmento donde un receptor dado del servicio fijo experimenta el máximo, es un PCC adicional utilizado para determinar la interferencia potencial sobre el receptor.

5 Consideración detallada de la interferencia a corto plazo

Las consideraciones relativas a la interferencia potencial a corto plazo procedente de una ETB difieren en dos aspectos significativos de las relativas a la interferencia a corto plazo utilizadas para determinar la distancia mar a dentro más allá de la cual no es necesario considerar la interferencia procedente de las ETB. Para determinar dicha distancia mar adentro, los supuestos se limitaban a los casos en que una ETB cruza el eje del lóbulo principal de la antena receptora del servicio fijo. Además, también se limitaban al caso en que la ruta de cruce era perpendicular al eje del lóbulo principal. Las consideraciones para el corto plazo de esta sección tienen en cuenta todas las posibilidades y, por lo tanto, son paralelas a lo expuesto en la sección precedente.

Para tener en cuenta la interferencia potencial a corto plazo producida sobre un receptor del servicio fijo procedente de una ETB situada en su contorno de maniobras, es necesario determinar la potencia interferente potencial a corto plazo desde cada uno de los puntos críticos de dicho contorno a fin de determinar cuál es el punto que controla la interferencia a corto plazo. En el análisis siguiente, se supone que existe un único punto crítico determinante de la potencia interferente potencial que se supera durante un porcentaje de tiempo y que puede compararse con el criterio de interferencia a corto plazo. Debido a las interrelaciones entre los parámetros, no puede hacerse normalmente una identificación directa de dicho punto de control y de la potencia asociada. Aunque es posible utilizar diversos enfoques, el que se presenta en esta sección parece ser el más directo.

Por conveniencia en el análisis que sigue, el PCC definido por el cruce del lóbulo principal, cuando dicho cruce existe, se identifica mediante el número 0. El resto de PCC, que identifican los puntos en que el contorno de maniobra cambia de dirección, se numeran en secuencia a lo largo del contorno desde 1 a N_{pcc} , donde N_{pcc} es el número de dichos PCC sobre la ruta de maniobra de la ETB. De acuerdo con lo expuesto en el punto 3.1 y de conformidad con el punto 4, la potencia en el receptor del servicio fijo (dBW) que se supera durante el p_{ST} por ciento del tiempo cuando la ETB funciona cerca del i -ésimo PCC, viene dado por:

$$I_{ST,i}(p_{ST}) = P_t + G_{t,i} + G_{r,i} - L_F - L_{452,i}(p_{Li}) \quad (18)$$

donde:

- p_{ST} : porcentaje del tiempo durante el cual puede superarse el nivel de potencia admisible de interferencia a corto plazo (véase la ecuación (3))
- P_t : potencia de transmisión (dBW) en la anchura de banda de referencia
- $G_{t,i}$: ganancia de la antena transmisora hacia el receptor del servicio fijo cuando la ETB se encuentra en el i -ésimo PCC, para $i = 1$ a N_{pcc} (dBi)
- $G_{r,i}$: ganancia de la antena receptora hacia la ETB cuando ésta se encuentra en el i -ésimo PCC, para $i = 1$ a N_{pcc} (dBi)

- L_F : pérdida del alimentador del sistema de recepción del servicio fijo (dB)
- $L_{452,i}(p_{Li})$: atenuación de propagación hasta el i -ésimo PCC, calculado según la Recomendación UIT-R P.452, que se superará durante todo el tiempo, salvo durante el porcentaje de tiempo, p_{Li} , para $i = 1$ a N_{pcc} (dB).

El porcentaje de tiempo, p_{Li} , viene dado por:

$$p_{Li} = 100 p_{ST} / p_{ETBi} \quad (19)$$

donde:

- p_{ETBi} : porcentaje de tiempo asociado con el funcionamiento de la ETB cerca del i -ésimo PCC.

Si es necesario, el porcentaje, p_{Li} , debe limitarse al contenido en el intervalo del 0,001% al 50%, como se indica en la Recomendación UIT-R P.452.

En caso de tránsito del lóbulo principal, es posible hacer una evaluación directa de los valores necesarios. El porcentaje de tiempo asociado con el funcionamiento de la ETB cerca del área de cruce del lóbulo principal es el tiempo utilizado en cruzar la parte del lóbulo principal de la antena del servicio fijo con un determinado nivel de ganancia en relación con la ganancia máxima. En la presente Recomendación y en el punto 4, se utiliza el valor de anchura del haz a 10 dB. Consecuentemente, debería utilizarse la misma anchura para determinar la interferencia potencial a corto plazo. Utilizando la anchura del haz a 10 dB como base para calcular los porcentajes p_{ETB0} :

$$p_{ETB0} = 4 \times 10^{-4} \frac{f_{ETB} \varphi_m r_0}{v_{ETB} \sin \theta_0} \quad (20)$$

donde los símbolos se definen como en la ecuación (11).

Mediante las ecuaciones (18)-(20), puede determinarse $I_{ST,0}$, valor de la potencia en el receptor del servicio fijo que se supera durante el $p_{ST}\%$ del tiempo debido al funcionamiento de la ETB dentro del lóbulo principal de la antena del servicio fijo. Aunque puede haber zonas cercanas a otro punto crítico de la ruta de maniobra de la ETB, lo que permitiría calcular una potencia a corto plazo que sería casi tan elevada durante el mismo porcentaje de tiempo, sólo se considerará un único caso peor de potencia máxima. La alternativa sería repartir el porcentaje de tiempo admisible entre dichos PCC, p_{ST} .

Para determinar la potencia interferente potencial desde un PCC que no sea la intersección del lóbulo principal con un segmento del contorno de maniobras, debe determinarse el porcentaje de tiempo asociado durante el cual la ETB funciona cerca de dicho PCC. El enfoque más directo y conservador es asociar a un PCC determinado la mitad de cada uno de los dos segmentos de maniobra adyacentes. Por lo tanto, denominando $x_{i,i+1}$ a la longitud del segmento entre el PCC numerado i y un PCC adyacente numerado $(i+1)$, el porcentaje de tiempo asociado con dicho PCC es:

$$p_{ETBi} = \text{el menor de } \frac{f_{ETB}}{87,6v_{ETB}} \frac{(x_{i,i-1} + x_{i,i+1})}{2} \text{ y el } 100\% \quad (21)$$

Los valores de cada una de las potencias de interferencia potencial a corto plazo críticas puede determinarse ($i \neq 0$) utilizando las ecuaciones (21) y (19) junto con (18). La mayor de dichas potencias a corto plazo es la potencia determinante que debe ser utilizada en la comparación con la potencia interferente a corto plazo.

6 Resumen

En este anexo se describen un conjunto de procedimientos que pueden utilizarse para determinar la interferencia potencial de las emisiones de una ETB que funcione sobre un contorno determinado cercano a la costa.

Aunque este procedimiento se centra en la banda de 6 GHz, el mismo enfoque puede utilizarse en la banda de 14 GHz, que también es objeto de la Resolución 82 (CMR-2000). La calidad de funcionamiento de los enlaces del servicio fijo en la banda de 14 GHz se ve afectada por el desvanecimiento por trayectos múltiples y por el desvanecimiento debido a las precipitaciones, dependiendo la importancia relativa de ambos mecanismos de la zona radiometeorológica. Si otras consideraciones permanecen constantes, las condiciones de compartición son más restrictivas cuando el desvanecimiento por trayectos múltiples es el factor determinante de la calidad de funcionamiento de un enlace del servicio fijo. Por tanto, este procedimiento debería ser también adecuado para la banda de 14 GHz.

El cuadro de parámetros que deben utilizarse como guía para aplicar este método es el que figura en la Recomendación UIT-R SF.1650. Los parámetros de las ETB deben representar los parámetros de los sistemas reales, que deben ser conformes a la Recomendación UIT-R S.1428. Los parámetros de los enlaces del servicio fijo también deben representar los parámetros de los sistemas reales. En relación con los criterios de interferencia, puede hacerse referencia a las Recomendaciones UIT-R SF.1006 y UIT-R SF.1650.

Anexo 3

Método alternativo para calcular la interferencia procedente de una ETB

1 Introducción

Este anexo desarrolla con detalle el método descrito en el Anexo 2 de manera que pueda aplicarse como una simulación completa del funcionamiento de las ETB. El método requiere un tiempo de cálculo adicional y puede producir resultados más precisos cuando las características del terreno junto con el contorno de funcionamiento proporcionen apantallamientos del receptor del SF contra la ETB distintos de los que se obtienen con las características del terreno entre el receptor y los puntos de contorno críticos. Los procedimientos de este anexo pueden aplicarse a todo el contorno de funcionamiento o a partes del contorno aplicándose el procedimiento del Anexo 2 al resto del contorno.

2 Procedimiento de simulación

Inicialmente, el contorno de funcionamiento se subdivide en un número elevado R de pequeños segmentos rectos en los que r_i es la longitud del i -ésimo segmento en km con ($i = 1, 2, \dots, R$). En general, estas longitudes de segmentos son mucho más pequeñas que las longitudes de segmentos consideradas en el Anexo 2. En el método de simulación se supone que la contribución de la interferencia debida al funcionamiento de las ETB en cualquier segmento puede atribuirse al funcionamiento en el punto medio de dicho segmento. Cuando el eje del haz principal de la antena del SF intersecta el contorno de funcionamiento en el PIN, el número de segmentos debe ser lo

suficientemente elevado como para garantizar que el punto medio de al menos un segmento está lo suficientemente cerca del PIN de manera que la ganancia de antena en el punto medio del segmento no difiera más de un dB de la ganancia en el PIN.

3 Determinación de la aparición de la interferencia a corto plazo mediante simulación

La determinación de la aparición de interferencia a corto plazo exige realizar el sumatorio de las apariciones de interferencia a corto plazo de cada uno de los segmentos del contorno del funcionamiento de la ETB. Cuando sólo uno de los segmentos del contorno de funcionamiento esté ocupado en cualquier instante, las distribuciones del porcentaje de tiempo pueden sumarse. Por consiguiente:

$$p_{ST} = \sum_{i=1}^R p_{STi} F_{Yi} \quad (22)$$

siendo:

- p_{ST} : porcentaje de tiempo calculado en un año durante el cual la interferencia rebasa el criterio de interferencia a corto plazo, I_{STC}
- p_{STi} : porcentaje de tiempo calculado en un año durante el cual la potencia de interferencia rebasaría el criterio de interferencia, I_{STC} , si la ETB estuviese permanentemente situada en el centro del i -ésimo segmento del contorno de funcionamiento
- F_{Yi} : fracción de tiempo en un año en que una ETB se encuentra en el i -ésimo segmento.

El porcentaje de tiempo p_{STi} se determina a partir de las pérdidas de propagación, L_{STi} , para el trayecto desde el centro del i -ésimo segmento, necesario para que la potencia de interferencia en el receptor del SF tome el valor I_{STC} , es decir:

$$L_{STi} = P_t + G_{t,i} + G_{r,i} - L_F - I_{STC} \quad (23)$$

siendo:

- L_{STi} : pérdidas de propagación que deben rebasarse por las pérdidas producidas en el trayecto desde el centro del i -ésimo segmento hasta el receptor del SF si la potencia de interferencia requerida va a ser menor que el valor crítico, I_{STC} (dB)
- P_t : potencia de transmisión (dBW) en la anchura de banda de referencia
- $G_{t,i}$: ganancia en el horizonte de la antena transmisora de la ETB en dirección del receptor del SF cuando la ETB se encuentra situada en el centro del i -ésimo segmento (dBi)
- $G_{r,i}$: ganancia de la antena del receptor del SF en dirección de la ETB cuando la ETB se encuentra situada en el centro del i -ésimo segmento (dBi)
- L_F : pérdidas en el alimentador del sistema receptor del SF (dB)
- I_{STC} : potencia crítica de la interferencia en el receptor del SF para la cual se especifica el porcentaje de tiempo admisible para el criterio de interferencia a corto plazo (dBW).

El porcentaje de tiempo p_{STi} se determina como el porcentaje de tiempo durante el cual las pérdidas de propagación en el trayecto desde el centro del i -ésimo segmento, $L_{452.i}(p)$, calculadas con arreglo a la Recomendación UIT-R P.452, serán igual o mayor que las pérdidas requeridas, L_{STi} . Sin embargo, el modelo de propagación de la citada Recomendación UIT-R P.452 sólo proporciona las pérdidas de propagación rebasadas durante todo el tiempo salvo el p por ciento del tiempo, estando p comprendido entre el 0,001 y el 50%. En consecuencia, para estos modelos de propagación:

$$p_{STi} = \begin{cases} 100 & \text{para } L_{452.i}(50) < L_{STi} \\ \text{valor tal que} & L_{452.i}(p_{STi}) = L_{STi} \\ 0,001 & \text{para } L_{452.i}(0,001) > L_{STi} \end{cases} \quad (24)$$

Cuando el porcentaje de tiempo p_{STi} se encuentra entre el 0,001 y 50% del tiempo, satisfacer la ecuación (24) puede exigir la aplicación de un procedimiento iterativo para determinar el porcentaje de tiempo a partir de las pérdidas de propagación prescritas.

Si la velocidad de la ETB v_{ETB} es constante en la parte de contorno de funcionamiento en la cual se lleva a cabo la simulación, si el número de barcos que pasan anualmente a través del contorno de simulación es f_{ETB} , y si el i -ésimo segmento tiene una longitud r_i , el parámetro F_{Yi} en la ecuación (22) puede determinarse como sigue:

$$F_{Yi} = \frac{f_{ETB} \cdot r_i}{8\,760 v_{ETB}} \quad (25)$$

Adicionalmente, si todos los segmentos tienen la misma longitud, r_0 , (km), el parámetro F_{Yi} es una constante y la ecuación (22) puede simplificarse de la forma siguiente:

$$p_{ST} = \frac{f_{ETB} \cdot r_0}{8\,760 v_{ETB}} \sum_{i=1}^R p_{STi} \quad (26)$$

4 Determinación de la interferencia a largo plazo mediante simulación

La interferencia a largo plazo procedente del funcionamiento de las ETB a lo largo de un contorno operacional puede determinarse utilizando muchas de las mismas cantidades calculadas para obtener la interferencia a corto plazo. La interferencia a largo plazo se determina como el valor medio de la potencia de interferencia. La potencia de interferencia que se rebasaría durante el 20% del tiempo si la ETB estuviese permanentemente situada en el centro del i -ésimo segmento del contorno se utiliza como una estimación de la potencia de interferencia media para este segmento. Por consiguiente, la potencia de interferencia a largo plazo, I_{LT} , puede expresarse como la suma de las contribuciones de cada segmento, ponderada cada una de ellas por la fracción de año en que una ETB se encuentra en dicho segmento. En consecuencia:

$$I_{LT} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^R \tilde{I}_{LT,i} F_{Yi} \right) \quad \text{dBW} \quad (27)$$

donde:

$$\tilde{I}_{LT,i} = 10^{(P_i + G_{t,i} + G_{r,i} - L_F - L_{452.i}(20))/10} \quad \text{W} \quad (28)$$

El resto de cantidades se han definido anteriormente.

Obsérvese que las pérdidas $L_{452,i}$ (18) pueden calcularse directamente mediante la Recomendación UIT-R P.452. Además como las contribuciones debidas al paso de cada barco son aditivas, no hay complicación debido a la ocupación simultánea de múltiples segmentos sobre el contorno operacional. La potencia de interferencia determinada en la ecuación (3) puede compararse directamente con el criterio de interferencia a largo plazo para el receptor del SF.

5 Procedimientos de simulación rápida

En los casos en que hay un punto de intersección natural (PIN) sobre el contorno de funcionamiento de la ETB, donde el eje del haz principal de la antena receptora del SF atraviesa el contorno de funcionamiento, a menudo es posible simplificar los procedimientos de los puntos 3 y 4. Debido a la elevada ganancia del haz principal de las antenas del SF típicas, los valores más altos de la potencia de interferencia probablemente se recibirán cuando la ETB funciona cerca del PIN.

En consecuencia, los valores elevados de potencia de interferencia que rebasarían el nivel de potencia crítico para el criterio de interferencia a corto plazo se producirían únicamente debido al funcionamiento de la ETB cerca del PIN. Por lo tanto, el procedimiento del punto 3 sólo necesitaría aplicarse para una parte del contorno de funcionamiento. La parte entre los dos puntos sobre el contorno de funcionamiento donde la ganancia de antena del SF estaría 10 dB por debajo del valor máximo sería adecuada en la mayoría de los casos de acuerdo con los puntos 2.2.1 y 2.2.3 del Anexo 1 y los puntos 4.1 y 5 del Anexo 2.

Aunque podría aplicarse un procedimiento similar basado en el método del punto 5 del Anexo 2, el método de simulación incluye con mayor precisión el efecto de la forma del haz de la antena sobre el porcentaje de tiempo calculado durante el cual se rebasa la potencia crítica.

También pueden utilizarse métodos de simulación rápida para examinar los efectos de la interferencia a largo plazo, pero en este caso es necesario tomar más precauciones. El receptor del SF recibirá interferencia de menor intensidad a través de los lóbulos laterales de la antena durante periodos de tiempo más elevados. Es precisamente este tipo de eventos los que son necesarios incluir en la metodología utilizada para evaluar la interferencia a largo plazo. Debido a los mayores porcentajes de tiempo asociados con las exposiciones a través de los lóbulos laterales, la parte del contorno de funcionamiento que debe incluirse en la simulación será mayor que en el caso de las consideraciones a corto plazo. La parte del contorno del funcionamiento que es preciso considerar tendría que identificarse mediante un cálculo adaptativo.

Si el criterio de interferencia a corto plazo no fuese satisfecho para un receptor en particular, no sería necesario llevar a cabo el análisis de interferencia a largo plazo para dicho receptor.

Cabe señalar que siempre hay circunstancias particulares que ponen en cuestión la validez del método de simulación rápida. Un caso ocurre cuando el eje del haz principal de la antena del SF intersecta el contorno de funcionamiento del ETB con un ángulo superior, por ejemplo, a 75° con respecto a la perpendicular. Otro caso se produciría cuando el contorno de funcionamiento presenta una curvatura de manera que el trayecto de interferencia al PIN sea un trayecto transhorizonte. Si el contorno de funcionamiento está próximo al receptor del SF probablemente sería necesario llevar a cabo las evaluaciones de la interferencia a lo largo de una porción más grande del contorno de funcionamiento.

6 Determinación de la distribución de potencia de la interferencia total mediante simulación

El porcentaje de tiempo p_I durante el cual se rebasa un nivel de interferencia intermedio arbitrario I también puede determinarse utilizando el procedimiento descrito en el punto 3 del presente anexo sustituyendo simplemente I_{STC} por el nivel de interferencia I y resolviendo consecutivamente las

ecuaciones (23), (24) y (22), en ese orden. El continuum de pares (I, p_I) caracteriza la función de distribución acumulativa complementaria (*fdac*) de la potencia de interferencia. A estos cálculos también se les aplica la misma restricción indicada en el punto 3.

La distribución completa del porcentaje de tiempo durante la cual se rebasa una potencia de interferencia puede utilizarse para determinar el valor medio de la potencia de interferencia recibida mediante comparación con el criterio de interferencia a largo plazo. Obsérvese que si hay porcentajes de tiempo durante los cuales se rebasa el valor crítico de la potencia de interferencia a corto plazo, se rebasaría igualmente el criterio de interferencia a corto plazo y no sería necesario desarrollar la distribución completa. Para mayor facilidad se supone aquí que el valor crítico de la potencia de interferencia a corto plazo no se rebasa. En este caso, la determinación de la potencia de interferencia media exige la transformación de la distribución de la potencia de interferencia en la función de distribución acumulativa complementaria de la potencia de interferencia en vatios. Mediante integración por partes, se demuestra fácilmente que la potencia de interferencia media puede obtenerse como la integral de esta distribución a lo largo de todos los valores de potencia.

Evidentemente, este método de determinación de la potencia de interferencia media exige una complejidad de cálculos mucho mayor que el método del punto 4 del Anexo 2 o el punto 4 del presente anexo.

Anexo 4

Parámetros técnicos necesarios para verificar el cumplimiento de las antenas más pequeñas en la banda de 14 GHz

La Resolución 902 (CMR-03) exige que las antenas de la ETB de menores dimensiones que el actual diámetro mínimo de 1,2 metros para la banda 14,0-14,5 GHz satisfagan los límites de cuatro parámetros técnicos específicos. Estos parámetros figuran en el Anexo 2 a la citada Resolución 902 (CMR-03) y han sido calculados para proteger tanto a los servicios terrenales que pueden compartir la banda como a los satélites adyacentes contra las emisiones del satélite a través del cual establece la comunicación la ETB. Además, las antenas más pequeñas deben cumplir los requisitos de protección de los acuerdos de coordinación entre sistemas del SFS para satélite a través del cual establece la comunicación la ETB.

Los cuatro parámetros específicos y los límites requeridos que deben cumplir las antenas más pequeñas son los siguientes:

- a) precisión de seguimiento de $\pm 0,2^\circ$ o mejor;
- b) máxima densidad espectral de p.i.r.e. de la ETB en dirección al horizonte de 12,5 dB(W/MHz);
- c) máxima p.i.r.e. de la ETB en dirección al horizonte de 16,3 dBW; y
- d) máxima densidad de p.i.r.e. fuera del eje dentro de los límites mencionados a continuación.

Límites fuera del eje

En las estaciones terrenas a bordo de barcos que funcionan en la banda 14,0-14,5 GHz, para cualquier ángulo ϕ especificado a continuación con respecto al eje del lóbulo principal de una antena de estación terrena, la máxima p.i.r.e. en cualquier dirección situada a $\pm 3^\circ$ de la OSG figura en el Anexo 2 a la Resolución 902 (CMR-03).

1 Cumplimiento con los acuerdos de coordinación entre sistemas

Las administraciones adoptan procedimientos de concesión de licencias para terminales con diámetros igual o mayores que los límites más bajos especificados en los acuerdos de coordinación entre sistemas pertinentes. Sin embargo, los operadores que por necesidades de transmisión específicas desean instalar antenas más pequeñas que los límites inferiores, deben llegar a un acuerdo con las administraciones afectadas así como con las administraciones que forman parte de los acuerdos de coordinación entre sistemas del SFS pertinentes.

2 Efecto de la distancia mínima indicada en la Recomendación UIT-R SF.1650-1

La Resolución 902 (CMR-03) también exige que las disposiciones de la Recomendación UIT-R SF.1650-1 se tengan en cuenta a la hora de autorizar antenas de ETB más pequeñas que los mínimos señalados. La Recomendación UIT-R SF.1650-1 especifica la mínima distancia a partir de la marca de bajamar oficialmente reconocida por el estado costero más allá de la cual las ETB pueden funcionar sin necesidad de concluir un acuerdo previo con cualquier otra administración. Para la banda 14,0-14,5 GHz la distancia mínima es de 125 km desde la marca de bajamar de referencia. Cuando la ETB funciona a menos de esa distancia, se necesita un acuerdo previo de las administraciones posiblemente afectadas.

Estudios anteriores realizados en el UIT-R han demostrado que el factor significativo a la hora de determinar la distancia mínima es la máxima p.i.r.e. en dirección del horizonte, que recibiría el sistema del SF. En la Resolución 902 (CMR-03), esto se expresa como un máximo nivel de p.i.r.e. y una máxima densidad de p.i.r.e. en dirección al horizonte. Estos valores de p.i.r.e. en dirección al horizonte se basan en la máxima potencia de transmisión de las ETB en el borde y la ganancia de la antena en dirección del horizonte.
