

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1654*

Metodología para el cálculo de la interferencia causada por el servicio de radiodifusión por satélite (sonora) a los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizarán la banda 2 630-2 655 MHz

(Cuestión UIT-R 229/8)

(2003)

Resumen

En la presente Recomendación se describe un ejemplo de metodología para calcular la interferencia causada por el SRS (sonora) a los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizarán la banda 2 630-2 655 MHz y que podría servir para determinar, en su caso, el efecto del SRS (sonora) sobre los sistemas IMT-2000 terrenales cuando compartan frecuencias mediante la elaboración de máscaras de la *dfp*. Esta metodología contiene un algoritmo que se puede utilizar en el cálculo de las máscaras de la *dfp* de una sola fuente aplicables a satélites del SRS (sonora) en un determinado caso, para satisfacer el criterio *Isat/Nth* con una tolerancia de 1 dB en cualquier lugar sobre la Tierra. En el Adjunto 1 al Anexo 1 se expone un ejemplo de aplicación de la metodología para evaluar el posible efecto en cuanto a la pérdida de cobertura o reducción del tamaño de la célula. Se admite que la interferencia causada a las redes celulares se puede evaluar a partir de la reducción de la cobertura (especialmente en redes con ruido limitado, como las de las zonas rurales) y de la reducción de disponibilidad (especialmente en redes de capacidad limitada, como las de las zonas urbanas). Estos métodos pueden ser complementarios y es necesario realizar estudios adicionales sobre estos otros aspectos. Se requiere un nuevo estudio sobre otros ejemplos de métodos para evaluar los posibles efectos. Cuando se utilice esta Recomendación para calcular los valores de *dfp* en el contexto de compartición de frecuencias se deben tener muy en cuenta todos los parámetros, en particular las restricciones de funcionamiento sobre los sistemas del SRS (sonora), así como las probables diferencias entre los escenarios de compartición IMT-2000. En particular, cabe observar que si se utiliza esta Recomendación para obtener valores de la *dfp* que se aplicarán como límites estrictos, las hipótesis del caso más desfavorable no serán las más apropiadas. Dado que esta Recomendación contiene una metodología para evaluar la interferencia de múltiples satélites, no se recomienda su utilización en el proceso de coordinación.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT

considerando

a) que se necesita una metodología para evaluar la posible interferencia combinada causada por el SRS (sonora) en los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizarán la banda 2 630-2 655 MHz y para elaborar en su caso, máscaras de la *dfp* para lograr los objetivos estipulados en las Resoluciones 223 (CMR-2000) y 539 (CMR-2000),

* NOTA – Los siguientes países: Arabia Saudita, Djibouti, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Jordania, Kuwait, Marruecos, Mauritania, República Árabe Siria, Túnez y Yemen, se oponen a la aprobación de la presente Recomendación y no están sujetos a ella.

reconociendo

- a) que la Resolución 539 (CMR-2000) contiene, entre otras cosas, niveles umbral de la dfp aplicables a los sistemas del SRS (sonora) que utilizan satélites no OSG en la banda 2 630-2 655 MHz;
- b) que la Resolución 539 (CMR-2000) invita al UIT-R a efectuar, a tiempo para la CMR-03, los estudios técnicos y reglamentarios necesarios sobre la compartición de frecuencias entre sistemas del SRS (sonora) y servicios terrenales en la banda 2 535-2 655 MHz, a fin de evitar toda limitación injustificada a uno u otro servicio,

recomienda

1 utilizar el ejemplo de metodología que se describe en el Anexo 1 a esta Recomendación para evaluar la interferencia causada por el SRS (sonora), y los posibles efectos de ésta, en los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizarán la banda 2 630-2 655 MHz cuando funcionen en las mismas frecuencias, mediante la elaboración de máscaras de la dfp.

NOTA 1 – El ejemplo de metodología que se describe en el Anexo 1 de esta Recomendación también se puede aplicar para calcular la interferencia debida al funcionamiento en las mismas frecuencias de cualquier sistema de servicios por satélite que utilicen diversas configuraciones orbitales, en particular órbitas del tipo geoestacionaria o muy elípticas.

Anexo 1

Metodología para calcular la interferencia causada por el SRS (sonora) a los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizarán la banda 2 630-2 655 MHz

1 Datos de entrada y casos de compartición

1.1 Características del sistema

Un posible caso consiste en redes de satélites del SRS (sonora) con estaciones espaciales en órbitas no OSG que emplean órbitas muy elípticas (HEO) y/o con estaciones espaciales en órbitas OSG que interfieren con los sistemas IMT-2000 terrenales (sus estaciones de base y/o móviles). En los § 1.1.1¹ y 1.1.2 se enumeran los parámetros necesarios para, respectivamente, las estaciones IMT-2000 terrenales y los sistemas del SRS (sonora) utilizados al evaluar la interferencia combinada causada por el SRS (sonora) a las estaciones IMT-2000 terrenales.

1.1.1 Estaciones IMT-2000 terrenales

- Características del receptor:
 - nivel de ruido térmico;
 - factor de ruido.

¹ Para utilizar los Métodos 2a y 2b descritos en el § 3.1.2 se necesitarían otros parámetros específicos del sistema aplicables a las estaciones IMT-2000 terrenales. En el Adjunto 1 se enumeran cada uno de estos parámetros.

- Características de la antena:
 - ganancia máxima;
 - polarización;
 - pérdidas en la línea de alimentación;
 - apertura del haz a 3 dB²;
 - diagramas de radiación vertical y acimutal de la antena en una gama de ángulos de elevación²;
 - inclinación de la antena²;
 - división en sectores del emplazamiento².
- Ubicación de los receptores (por ejemplo, una zona delimitada por datos de latitud y longitud).

1.1.2 Sistemas del SRS (sonora)

Las diversas combinaciones de una constelación de sistemas del SRS (sonora) que pueden funcionar en la banda 2 630-2 655 MHz deben corresponderse con el número previsto de satélites que comparten las mismas frecuencias y son visibles desde la misma ubicación sobre la superficie de la Tierra. Se puede tratar de satélites no OSG y/o OSG.

- Satélites OSG, suponiendo que están igualmente separados a lo largo del arco OSG:
 - longitud geográfica nominal sobre la órbita de los satélites geoestacionarios.
- Para sistemas de satélites no OSG HEO, se han de indicar los siguientes parámetros:
 - número de planos orbitales, número de estaciones por plano orbital y número de estaciones espaciales que transmiten simultáneamente en el arco activo, periodo de las estaciones espaciales;
 - altitud y longitud del apogeo y del perigeo de cada estación espacial;
 - ángulo de inclinación para cada plano orbital con respecto al plano ecuatorial de la Tierra;
 - principio y fin del arco activo de cada estación espacial.

La interferencia producida por los satélites del SRS (sonora) se describe normalmente mediante máscaras de la d_{fp} que son función del ángulo de elevación (dB(W/(m² · MHz)))³. Para calcular la discriminación de polarización, en caso necesario, sería necesaria la información sobre la polarización utilizada por los transmisores de los satélites (véase el factor P_i en las ecuaciones (1) y (2) del § 3.1.1).

Hay dos métodos de análisis:

- método estático – la ubicación del satélite es fija en un único punto;
- método de simulación orbital – se tiene en cuenta la variación con el tiempo de la ubicación del satélite⁴.

² Sólo se aplica a estaciones de base receptoras.

³ La modelización mediante este método puede dar lugar a una situación de interferencia del caso más desfavorable causada por los satélites del SRS (sonora) OSG.

⁴ Se considera que este método genera resultados más precisos, aunque requiere aplicaciones de simulación más complejas.

2 Presentación de los resultados

Los resultados deben expresarse en función de la relación $Isat/Nth$ recibida en cada receptor (en el caso de receptores de estaciones de base sectoriales, se debe utilizar un receptor por sector). Se supone que cuando se calcula la interferencia causada por los sistemas de satélites en una red IMT-2000, el efecto de esta interferencia se extiende a zonas amplias, lo que da lugar a una evaluación de interferencia en función de $Isat/Nth$ ⁵.

También puede incluir resultados de la $Isat/Nth$ que tengan en cuenta el efecto combinado para cada zona de cobertura del sector de la estación de base del receptor.

El resultado se debe expresar de manera transparente, sencilla y comprensible.

3 Método de cálculo y generación de los resultados

3.1 Evaluación de la interferencia causada a una estación de base IMT-2000

3.1.1 Superposición de la interferencia causada por múltiples satélites a un receptor de estación de base IMT-2000

A continuación se resumen los pasos para calcular la superposición de la interferencia causada por varios satélites:

- se considera un conjunto de satélites en órbitas no OSG y/o OSG alrededor de la Tierra;
- se suponen unas máscaras de la dfp en la superficie de la Tierra que sirven como modelo de las emisiones de cada satélite OSG y/o OSG;
- se considera una estación de base IMT-2000 con una antena sectorial, caracterizada por su latitud, longitud, orientación y ángulo de inclinación;
- se calculan los ángulos de acimut, de elevación y respecto al eje entre la estación de base IMT-2000 y cada satélite de la constelación considerada;
- se calcula la interferencia combinada en la entrada del receptor procedente de todos los satélites visibles (es decir, con ángulo de elevación positivo) cuyo ancho de banda se superponga con la de la estación de base IMT-2000 terrenal y las subsiguientes $Isat/Nth$ de los receptores de la estación de base IMT-2000 (sectorial) en una determinada latitud y longitud (lat , $long$) y que apunten en una determinada dirección ($orientación$, $ángulo de inclinación$). La $Isat/Nth$ subsiguiente viene dada por la expresión:

$$\frac{Isat}{Nth} \left(\begin{matrix} lat, long, orientación, \\ ángulo de inclinación \end{matrix} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{Nth} \sum_{i=1}^{n_{sat}} 10^{(dfp_i(elevación_i) + G(r_acimut_i, r_elevación_i) + 10 \log(\lambda^2/4\pi) - FL - P_i)/10} \right) \quad (1)$$

⁵ La utilización de la evaluación de la interferencia $C/(N + I)$ en los sistemas IMT-2000 sólo se utiliza cuando la interferencia afecta únicamente a un número limitado de células. Esta evaluación no es adecuada para situaciones en las que la interferencia de los satélites afecta a muchas estaciones de diferentes redes, en las que los niveles de potencia de la portadora de señal deseada varían para cada usuario con factores tales como el tiempo, el volumen de tráfico, la ubicación del usuario y el control de potencia.

siendo:

- I_{sat}/N_{th} (*lat, long, orientación, ángulo de elevación*): la I_{sat}/N_{th} combinada resultante de todas las estaciones espaciales visibles con un ancho de banda superpuesto al de la estación de base IMT-2000 terrenal en el receptor IMT-2000 (dB)
- $dfp_i(\text{elevación}_i)$: dfp en la estación IMT-2000 terrenal procedente de la estación espacial i visible del SRS (sonora) (dB(W/(m² · MHz)))
- elevación_i : elevación de la estación espacial i vista desde la estación de base IMT-2000 (ángulo de incidencia de la onda de la estación espacial i en la estación de base IMT-2000, por encima del plano horizontal) (grados)
- $G(r_acimut_i, r_elevación_i)$: ganancia fuera del eje del sector de la estación de base IMT-2000 en la dirección de la estación espacial i (dBi)
- r_acimut_i : acimut relativo de la estación espacial i vista desde el sector de la estación de base IMT-2000 (queda determinado por la diferencia entre el acimut de la estación espacial i vista desde la estación de base y el acimut de la orientación del sector de la estación de base IMT-2000) (grados)
- $r_elevación_i$: ángulo de elevación relativo de la estación espacial i (ángulo de incidencia de la onda de la estación espacial i en la estación de base IMT-2000, por encima del plano horizontal, más el ángulo de inclinación de la estación de base IMT-2000 (el ángulo de inclinación tiene un valor positivo) (grados)
- λ : longitud de onda (m)
- FL : pérdida del alimentador del receptor IMT-2000 terrenal (dB)
- P_i : discriminación de polarización media esperada entre la antena transmisora de la estación espacial i y la antena receptora de la estación de base IMT-2000 (dB)
- n_sat : número de satélites
- N_{th} : ruido térmico en el receptor de la estación IMT-2000 terrenal (W/MHz).

En el método estadístico se supone que los satélites del tipo no OSG HEO transmiten en su apogeo.

En el método de simulación orbital, el satélite HEO transmite en la ubicación simulada sobre el arco activo en cada incremento de tiempo y se calcula la ecuación (1) para cada incremento de tiempo (t), lo cual da lugar a la ecuación (2):

$$\frac{Isat}{Nth} \left(\begin{array}{l} lat, long, orientación, \\ ángulo de inclinación \end{array} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{Nth} \sum_{i=1}^{n_{sat}} 10^{(dfp_i(elevación_i(t)) + G(r_acimut_i(t), r_elevación_i(t)) + 10 \log(\lambda^2/4\pi) - FL - P_i(t))/10} \right) \quad (2)$$

La notación de la ecuación (2) es la misma que la de la ecuación (1).

El método estadístico permite establecer cuadros o figuras con los valores $Isat/Nth$ en el receptor IMT-2000 terrenal en función de la longitud, latitud, ángulo de inclinación y orientación relativa de la estación IMT-2000 terrenal para una determinada distribución de satélites del SRS (sonora) que transmiten con sus máscaras de la dfp.

El método de simulación orbital puede producir más información combinada sobre la interferencia recibida con la correspondiente duración, o el porcentaje de tiempo durante el que se experimenta un determinado nivel $Isat/Nth$ de interferencia.

3.1.2 Cálculo de la interferencia recibida en un determinado emplazamiento IMT-2000

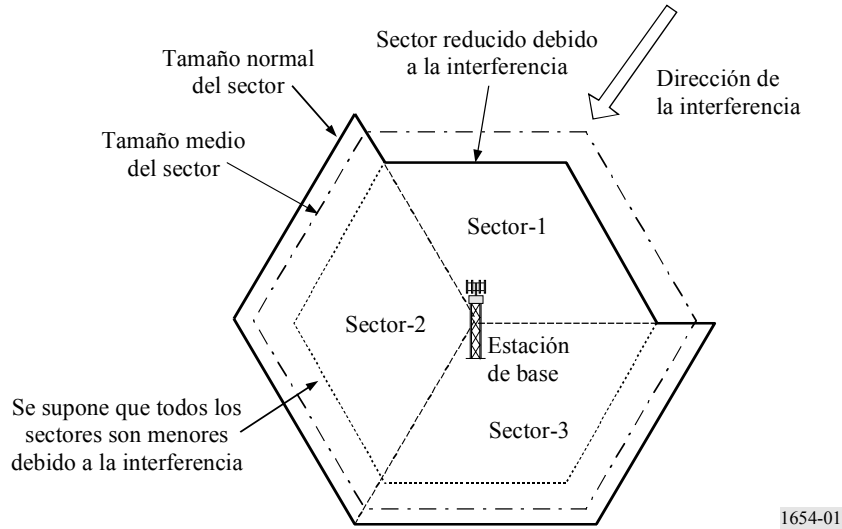
Además de calcular la interferencia recibida en un sector concreto IMT-2000, también puede ser útil examinar el efecto de la interferencia en emplazamientos IMT-2000, teniendo en cuenta el efecto combinado en cada sector.

El efecto combinado de la interferencia de los satélites sobre un emplazamiento se calcula teniendo en cuenta las características concretas del caso considerado. Por ejemplo, en el caso de las zonas rurales, el efecto más crítico sobre el sistema es la pérdida de cobertura, de modo que a las nuevas estaciones de base se les exigiría que eviten el efecto de la interferencia. En este caso, el umbral de interferencia se puede especificar mediante la relación $Isat/Nth$ obtenida a partir del análisis de pérdida de cobertura. Es decir, se trata pues de un cálculo del porcentaje del número de estaciones de base necesarias para evitar el efecto de la interferencia sobre un plan de instalación de ubicaciones IMT-2000.

Mediante células de un sólo sector y utilizando antenas independientes del acimut, esta relación $Isat/Nth$ se puede comparar directamente con el valor determinado durante la simulación. Ahora bien, con tres sectores/célula, y si cada sector dispone de su propio receptor, se calcularán tres relaciones $Isat/Nth$.

En la Fig. 1 se muestran los elementos fundamentales que se han de tener en cuenta:

FIGURA 1
Efecto sobre una célula de tres sectores de la interferencia dependiente de la dirección



En la Fig. 1, la interferencia reduce la cobertura del Sector 1, pero no de los Sectores 2 y 3. El efecto real sobre una zona amplia dependería de la planificación de las células.

A continuación se sugieren tres métodos para calcular la relación $Isat/Nth$:

Método 1 (caso más desfavorable): se supone que la planificación de las células responde a la distancia mínima de separación de la estación de base en todos los acimutes, es decir:

$$\frac{Isat}{Nth} = \text{máx} \left\{ \frac{Isat_{sector1}}{Nth}, \frac{Isat_{sector2}}{Nth}, \frac{Isat_{sector3}}{Nth} \right\} \quad (3)$$

siendo:

$Isat_{sectori}/Nth$: valor de $Isat/Nth$ calculado en el sector i .

Método 2a (media): se calcula la pérdida media de cobertura en los tres sectores y se convierte luego en la relación $Isat/Nth$, lo cual es equivalente a suponer que la planificación de las células optimiza la red de manera que la distancia entre las estaciones de base varía con respecto del acimut para ajustarse exactamente a la posición que haga mínima la interferencia:

$$\Delta A_{célula} \left(\frac{Isat}{Nth} \right) = \frac{1}{3} \left(\Delta A_{sector1} \left(\frac{Isat_{sector1}}{Nth} \right) + \Delta A_{sector2} \left(\frac{Isat_{sector2}}{Nth} \right) + \Delta A_{sector3} \left(\frac{Isat_{sector3}}{Nth} \right) \right) \quad (4)$$

siendo $\Delta A_{célula}$ la superficie media del emplazamiento de la célula en presencia de interferencia, que se obtiene a partir de las tres zonas de sector $\Delta A_{sector1}$, $\Delta A_{sector2}$ y $\Delta A_{sector3}$, que son las zonas de sector de las células 1, 2 y 3, que reciben respectivamente la interferencia $Isat_{sector1}$, $Isat_{sector2}$ e $Isat_{sector3}$. Los pasos para hacer el cálculo se describen detalladamente en el Apéndice 1.

Método 2b (media ponderada): Se supone que la planificación de las células se hace con los valores del caso más desfavorable y del caso más favorable, se calcula la media ponderada de la pérdida de cobertura en los sectores y luego se convierte en una relación $Isat/Nth$ ajustada (véase también el Adjunto 1):

$$\Delta A_{célula} \left(\frac{Isat}{Nth} \right) = \frac{h}{3} \left(\Delta A_{sector1} \left(\frac{Isat_{sector1}}{Nth} \right) + \Delta A_{sector2} \left(\frac{Isat_{sector2}}{Nth} \right) + \Delta A_{sector3} \left(\frac{Isat_{sector3}}{Nth} \right) \right) \quad (5)$$

siendo h la pérdida media ponderada, que puede determinarse comparando los valores mín/máx calculados utilizando el Método 1 y el Método 2a. Normalmente, h suele tener un valor aproximado de 1,7.

3.1.3 Discriminación por polarización

Cuando las antenas de las estaciones de base IMT-2000 utilizan polarizaciones diferentes (por ejemplo, lineal) a las que emplean los sistemas del SRS (sonora) (por ejemplo, circular), puede contarse con la discriminación por polarización en el caso de acoplamiento entre haces principales de la antena de estación de base IMT-2000 y la antena de la estación espacial del SRS (sonora) (hasta 3 dB). En el caso de que se produzca un acoplamiento entre el lóbulo lateral y el haz principal, también puede haber discriminación por polarización en alguna medida, aunque este aspecto todavía no se ha estudiado en detalle en el UIT-R y podría ser inferior a una media de 1,5 dB.

3.1.4 Atenuación adicional

En caso de que se utilice esta tecnología para calcular la interferencia en un plan de instalación de redes IMT-2000 terrenales que utilicen receptores interiores o estaciones de base sujetas al bloqueo de las señales de los satélites, en el § 3.1.1 se debe tener en cuenta la atenuación adicional (pérdidas en el interior de los edificios, por ejemplo).

3.2 Evaluación de la interferencia en una estación móvil IMT-2000

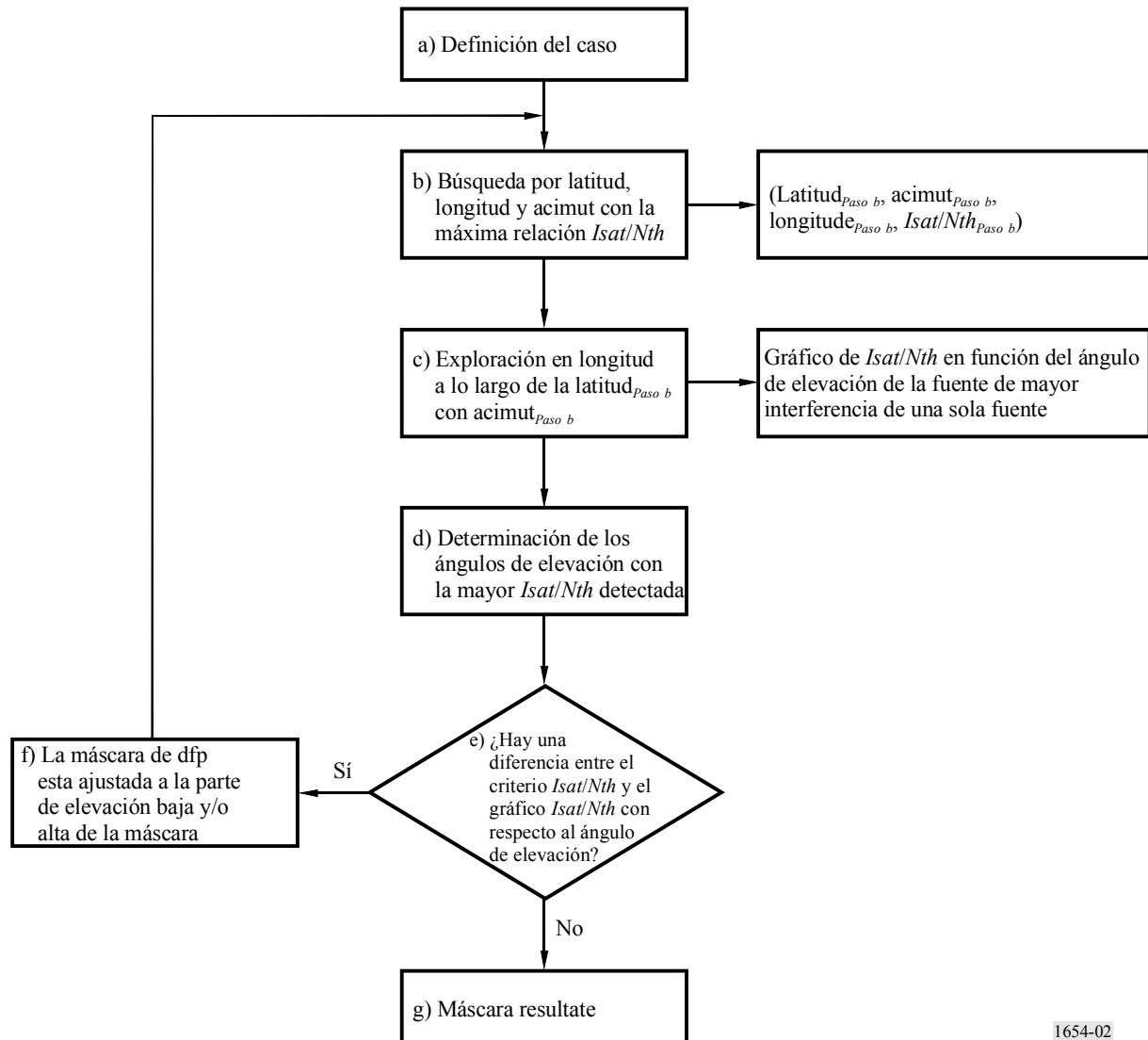
Para calcular la interferencia en estaciones móviles IMT-2000 se puede utilizar el mismo método que en los § 3.1.1, 3.1.3 y 3.1.4 anteriores, para lo cual habrá que tener en cuenta la naturaleza omnidireccional de las antenas y la diferencia del valor del nivel de ruido en el receptor.

3.3 Algoritmo para calcular las máscaras de la dfp de una sola fuente

Se puede utilizar el algoritmo descrito en la Fig. 2 para calcular la máscara de la dfp de una sola fuente de satélites del SRS (sonora) en un determinado caso para satisfacer el criterio $Isat/Nth$ con una tolerancia de 1 dB en cualquier ubicación sobre la Tierra. En este algoritmo se supone que el modelo de las emisiones de los satélites se realiza con la misma máscara de la dfp, aunque en principio el algoritmo podría modificarse para tener en cuenta diferentes puntos de transición y diferentes máscaras de dfp en el caso de emisiones de satélites no OSG u OSG.

FIGURA 2

Estructura del algoritmo para calcular la máscara de la dfp de una sola fuente



1654-02

Los pasos en el cálculo son los siguientes:

Paso a: Definición del caso – Se trata de las características de la constelación del SRS (sonora), de la máscara de la dfp de prueba inicial y del sistema IMT-2000 terrenal, como por ejemplo el diagrama de ganancia, la ganancia de cresta, las pérdidas del alimentador, el factor de ruido, el ángulo de inclinación de la antena, etc. Además, se necesita un criterio *Isat/Nth* que se pueda utilizar en el Paso e para determinar dónde se podría ajustar la máscara de la dfp.

Paso b: Búsqueda por latitud, longitud y acimut con la mayor relación *Isat/Nth* – Para ello se comprueba cada combinación de latitud, longitud y acimut. Los puntos de prueba están separados uniformemente en latitud y longitud y el acimut de la antena de la estación de base se explora entre 0° y 360°. La interferencia causada a la antena se calcula utilizando la ecuación (1).

Cuando la antena no sea independiente del acimut, la estación se configura con dos antenas adicionales que apuntan en la dirección $\pm 120^\circ$ con respecto a la primera antena. La *Isat/Nth* ajustada para todos los sectores de la estación de base se calcula utilizando el (Método 2b).

El resultado de la simulación es el valor calculado de *Isat/Nth* máxima, la latitud y la longitud de la ubicación que corresponden a ese nivel, y el acimut de la antena que produce el nivel *Isat/Nth* máxima (latitud_{Pasob}, acimut_{Pasob}, longitud_{Pasob}, *Isat/Nth*_{Pasob}).

Obsérvese que para las antenas que no dependen del acimut (y en el caso de las estaciones móviles) no es necesario hacer un barrido del acimut.

Paso c: Exploración en longitud a lo largo de latitud_{Pasob} utilizando acimut_{Pasob} – Se configura una estación en la latitud_{Pasob}, con una antena apuntando en la dirección del acimut_{Pasob}. Cuando se analice una estación de base con antenas dependientes del acimut, se deben incluir dos antenas sectoriales más en $\pm 120^\circ$ con respecto a la antena que sufre la mayor interferencia.

La interferencia en cada sector se calcula nuevamente utilizando la ecuación (1) y luego, en caso necesario, se calcula el efecto sobre la estación de base para los tres sectores utilizando el (Método 2b).

El resultado es un gráfico de la relación *Isat/Nth* combinada ajustada con respecto al ángulo de elevación del satélite que causa la mayor interferencia de una sola fuente en el sector que sufre los mayores niveles de interferencia⁶.

Paso d: El gráfico de *Isat/Nth* en función del ángulo de elevación se analiza para ver si hay diferencia⁷ entre los niveles *Isat/Nth* calculados y el criterio.

Paso e: Si la *Isat/Nth* máxima en los segmentos 0° - 5° y/o 25° - 90° está por encima o por debajo del criterio con una diferencia igual o mayor a 1 dB, el algoritmo continúa a partir del Paso f. Si el máximo del gráfico *Isat/Nth* en el segmento 0° - 5° y el segmento 25° - 90° es inferior a 1 dB del criterio, el algoritmo continúa a partir del Paso f.

Paso f: A continuación, se ajusta la máscara de la dfp al segmento de elevación baja (0° - 5°) o al segmento de elevación alta (25° - 90°) o a ambos, y el algoritmo vuelve al Paso b. Se supone que las máscaras de dfp son valores enteros en dB.

Paso g: El resultado es la máscara de la dfp que satisface el criterio *Isat/Nth* con una tolerancia de 1 dB.

⁶ En caso de que se pudiera identificar más de una estación espacial con este procedimiento (por ejemplo que haya dos estaciones espaciales visibles desde la antena de la estación de base IMT-2000 y que ambas estaciones espaciales produzcan el mismo nivel de interferencia a la correspondiente antena de la estación de base) sólo se utilizará una de las dos estaciones espaciales para completar el algoritmo.

⁷ La diferencia puede ser un valor positivo (si la *Isat/Nth* está por encima del criterio) o un valor negativo (si la *Isat/Nth* calculada está por debajo del criterio), (dB).

Apéndice 1 al Anexo 1

Efecto de la interferencia sobre la cobertura de células IMT-2000 terrenales de conformidad con los Métodos 2a y 2b del § 3.1.2 y utilizando ejemplos de parámetros W-AMDC

1 Resumen

En este Apéndice se describe el algoritmo de cálculo de los niveles de la I_{sat}/N_{th} necesarios para proteger los sistemas IMT-2000 terrenales de la interferencia causada por sistemas del SRS (sonora) basándose en el criterio I_{sat}/N_{th} . Este Suplemento trata sobre los sistemas IMT-2000 terrenales que utilizan normas AMDC. Si se desea utilizar otras normas se deberán realizar nuevos estudios.

Este método se basa en las siguientes hipótesis:

- la interferencia es especialmente problemática en entornos de cobertura limitada;
- un entorno de este tipo especialmente sensible es el de los enlaces ascendentes rurales ligeramente sobrecargados;
- la altura característica de una estación de base para zonas rurales es de 30 m;
- se puede utilizar un modelo de propagación adecuado para entornos rurales;
- la pérdida de cobertura aceptable o el requisito para estaciones de base adicionales se expresan, respectivamente, como $\Delta A_{célula}$ y $BS_{aumento}$.

Estas hipótesis se utilizan en el siguiente algoritmo:

- 1) para los niveles de tráfico de una célula rural normal ligeramente cargada, se calcula el factor de carga de tráfico del enlace ascendente y a partir de éste el aumento de ruido (dB);
- 2) utilizando el factor de carga, y suponiendo un modelo de propagación adecuado que se puede utilizar para entornos rurales, se calcula la pérdida de cobertura que se produciría con diversos valores de I_{sat}/N_{th} ; el cuadro resultante se utiliza para convertir la pérdida de cobertura de célula $\Delta A_{célula}$ obtenida mediante el Método 2a o el Método 2b, al valor de la I_{sat}/N_{th} ajustado.

Estos pasos se describen en los puntos siguientes:

2 Caso de enlace ascendente

Etapas 1: Cálculo del aumento del ruido del enlace ascendente AMDC

En este punto se define el algoritmo para calcular el aumento del ruido del enlace ascendente (de ruido térmico a ruido del sistema) como base para las células rurales con tráfico ligeramente cargadas. El aumento del ruido del enlace ascendente (UL, *up link*) se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Aumento\ del\ ruido\ (n_i) = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1 - \eta_{UL}} \quad \text{dB} \quad (6)$$

siendo:

I_{total} : potencia de interferencia total recibida intercélula e intracélula de banda ancha (dB(W/MHz))

P_N : potencia de ruido (dB(W/MHz))

η_{UL} : factor de carga del enlace ascendente, que se calcula mediante la ecuación (7):

$$\eta_{UL} = (E_b/N_0) \frac{RN}{W} v (1 + i) \quad (7)$$

siendo:

E_b/N_0 : energía por bit dividida por la densidad espectral de ruido necesaria para alcanzar el nivel requerido de calidad de servicio

R : velocidad de binaria media (Mbit/s)

N : número de usuarios por célula

W : velocidad de segmentos AMDC (Mchip/s)

v : factor de actividad (la media de tiempo durante el cual el transmisor está activo)

i : relación entre la interferencia de las otras células y la interferencia de la célula propia.

Suponiendo una E_b/N_0 , un factor de actividad, y la relación de interferencia de otras células y la célula propia, puede variarse el canal de la célula = RN para calcular el factor de carga del enlace ascendente y a partir de éste el nivel de ruido.

Se suponen los siguientes valores de los parámetros:

CUADRO 1

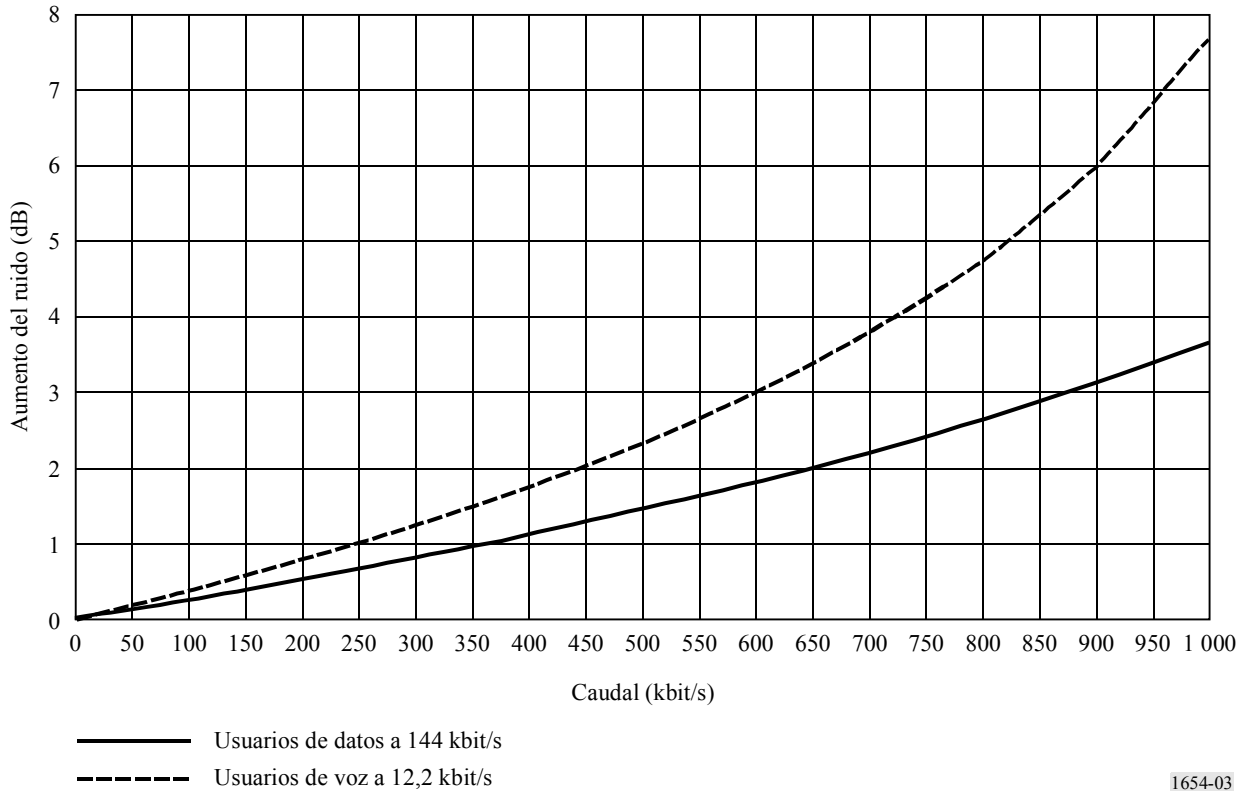
Parámetros del ejemplo de enlace ascendente IMT-2000 W-AMDC terrenal

Conjunto de datos		
Tipo de tráfico	Voz	Datos
Velocidad binaria media R (Mbit/s)	0,0122	0,144
E_b/N_0 requerida (dB)	5,0	1,5
Factor de actividad, v	0,67	1
Relación entre la interferencia de otras células y la de la célula propia, i , para una antena omnidireccional de macrocélulas (%)	55	55
Velocidad de segmentos AMDC, W (Mchip/s)	3,84	3,84

A partir de estos parámetros se generan gráficos de aumento del ruido en función del caudal de la célula.

FIGURA 3

Aumento de ruido del enlace ascendente AMDC en función de la velocidad de salida de datos



1654-03

El aumento del ruido de 0,5, 1,0 ó 2,0 dB corresponde al número de usuario siguiente:

CUADRO 2

Número de usuarios correspondiente al aumento del ruido

Aumento del ruido, n_i (dB)	0,5	1,0	2,0
Usuarios de voz	10,7	20,5	36,5
Usuarios de datos de 144 kbit/s	1,3	2,5	4,5
Factor de tráfico del enlace ascendente	0,1	0,2	0,4

Para las células ligeramente cargadas –por ejemplo en zonas rurales– podría haber varias llamadas de voz y un sólo usuario de datos. Para estas células habría un aumento de ruido muy pequeño –por ejemplo en la gama de 0,5-1,0 dB. Otro valor que podría considerarse es el de 2 dB, aunque debe señalarse que esto supondría una variación importante respecto a la hipótesis de que la célula rural está ligeramente cargada.

Etapa 2: Cálculo de la pérdida de cobertura

Para las células con cobertura limitada, como sería el caso de los entornos rurales, el efecto de la interferencia es la disminución del alcance de una célula. Esto es una degradación de la atenuación de propagación disponible en el balance del enlace, ΔL , que se puede calcular del modo siguiente:

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{(I_{sat}/N_{th})/10} \right) \quad (8)$$

donde el ruido total, N , depende del ruido térmico, N_{th} , y del ruido generado por la interferencia (intracélula e intercélula) del sistema AMDC, N_{sys} , de la siguiente manera:

$$N = N_{th} + N_{sys} \quad (9)$$

En la Etapa 1 se ha calculado el aumento de ruido, n_i , de ruido térmico a ruido total, y así la ecuación (8) queda del siguiente modo:

$$\Delta L = 10 \log_{10} \left(1 + 10^{((I_{sat}/N_{th}) - n_i)/10} \right) \quad (10)$$

Esta pérdida en el margen de propagación, L , se puede convertir en una pérdida de alcance, D , utilizando un modelo de propagación adecuado, por ejemplo el modelo Hata para entornos abiertos que utiliza una altura de la estación de base de 30 m, por ejemplo:

$$L = 106,2 + 35,2 \log_{10} D \quad (11)$$

Por consiguiente, la variación del alcance, ΔD , para una determinada degradación en la atenuación de propagación es:

$$\Delta D = 10^{-\Delta L/35,2} \quad (12)$$

Como la variación de la superficie, ΔA , es proporcional al cuadrado de la variación del alcance, se tiene:

$$\Delta A = \left(10^{-\Delta L/35,2} \right)^2 \quad (13)$$

A partir de las ecuaciones (8) y (13) se obtiene:

$$\Delta A \left(\frac{I_{sat}}{N_{th}} \right) = \left\{ 1 + 10^{((I_{sat}/N_{th}) - n_i)/10} \right\}^{-20/35,2} \quad (14)$$

Los Métodos 2a y 2b utilizan la ecuación (14) para calcular la pérdida de cobertura en cada sector de una célula o emplazamiento de estaciones de base IMT-2000. Para un emplazamiento de estación de base IMT-2000 trisectorial, la pérdida global de cobertura en la célula/emplazamiento se obtiene promediando los resultados obtenidos para cada sector de la célula (véanse las ecuaciones (4) y (5) en el § 3.1.2 del Anexo 1).

El aumento en el número de estaciones de base requeridas está relacionado con una reducción de la superficie debida a la interferencia. Esto se expresa del siguiente modo:

$$BS_{\text{aumento}} = \frac{NumBS_{\text{coninterferencia}}}{NumBS_{\text{sininterferencia}}} \quad (15)$$

El número de estaciones de base requerido se puede calcular mediante:

$$NumBS_{sininterferencia} = \frac{AreaTotal}{AreaBSmedia_{sininterferencia}} \tag{16-1}$$

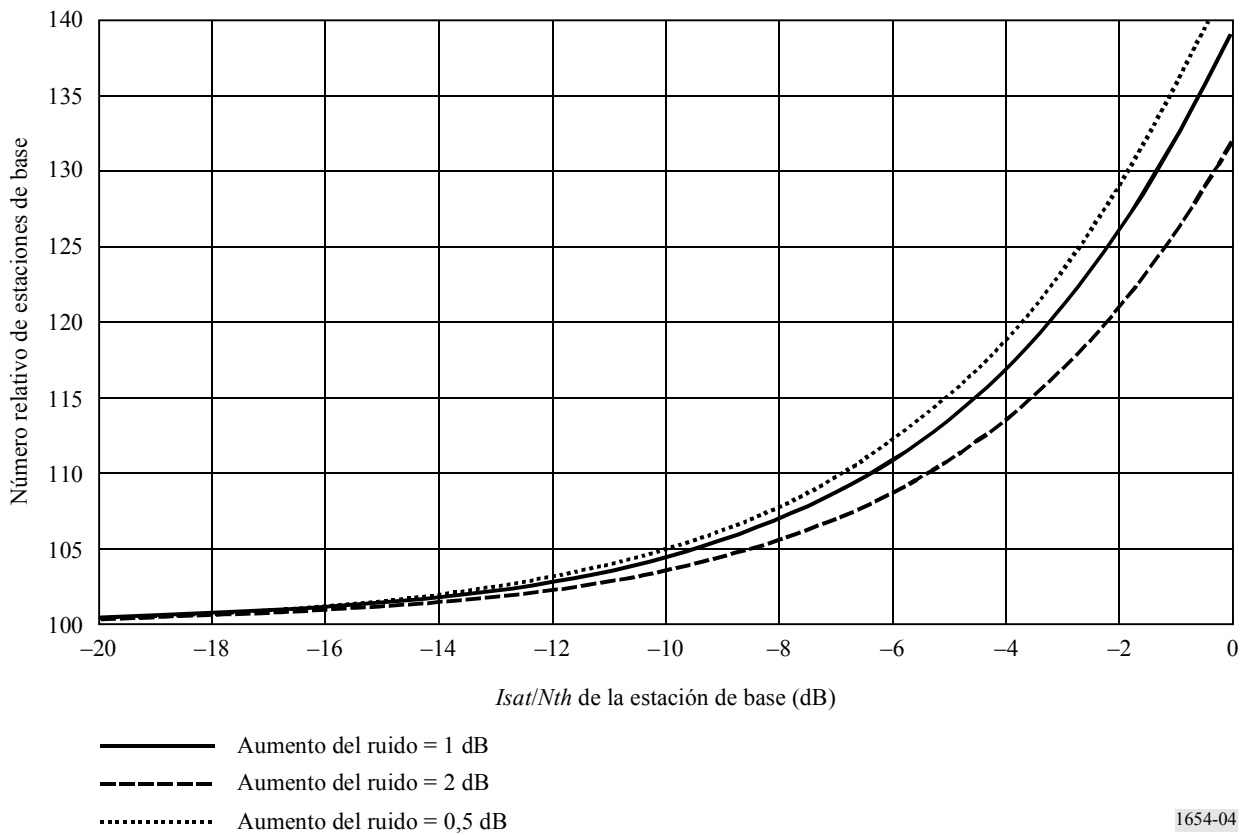
$$NumBS_{coninterferencia} = \frac{AreaTotal}{AreaBSmedia_{coninterferencia}} \tag{16-2}$$

Si la superficie de cobertura de una estación de base se reduce por un factor ΔA , el número de estaciones de base aumentará por la inversa de este factor.

Se puede obtener la pérdida de la superficie de cobertura correspondiente para diversos valores de $Isat/Nth$ y n_i , y a partir de ésta el número de estaciones de base adicionales necesarias, como se muestra en la Fig. 4 y el Cuadro 3. El Cuadro se utiliza para convertir la pérdida total de cobertura de una célula/emplazamiento IMT-2000 a fin de obtener los valores $Isat/Nth$ ajustados según los Métodos 2a y 2b.

FIGURA 4

Efecto sobre la cobertura de $Isat/Nth$ de la estación de base para un aumento de ruido = 0,5, 1 y 2 dB



CUADRO 3

Efecto de *Isat/Nth* en la pérdida de cobertura de la estación de base

<i>Isat/Nth</i> (dB)	Aumento del ruido = 0,5 dB		Aumento del ruido = 1,0 dB		Aumento del ruido = 2,0 dB	
	Estaciones de base requeridas	Pérdida de zona de cobertura (%)	Estaciones de base requeridas	Pérdida de zona de cobertura (%)	Estaciones de base requeridas	Pérdida de zona de cobertura (%)
-100	100		100		100	
-20	100,5	0,5	100,5	0,5	100,4	0,4
-19	100,6	0,6	100,6	0,6	100,5	0,5
-18	100,8	0,8	100,7	0,7	100,6	0,6
-17	101,0	1,0	100,9	0,9	100,7	0,7
-16	101,3	1,3	101,1	1,1	100,9	0,9
-15	101,6	1,6	101,4	1,4	101,1	1,1
-14	102,0	2,0	101,8	1,8	101,4	1,4
-13	102,5	2,5	102,2	2,2	101,8	1,8
-12	103,2	3,2	102,8	2,8	102,2	2,2
-11	104,0	4,0	103,5	3,5	102,8	2,8
-10	105,0	5,0	104,4	4,4	103,5	3,5
-9	106,2	6,2	105,6	5,6	104,4	4,4
-8	107,8	7,8	107,0	7,0	105,6	5,6
-7	109,7	9,7	108,7	8,7	107,0	7,0
-6	112,2	12,2	110,9	10,9	108,7	8,7
-5	115,2	15,2	113,6	13,6	110,9	10,9
-4	118,8	18,8	116,9	16,9	113,6	13,6
-3	123,3	23,3	121,0	21,0	116,9	16,9
-2	128,9	28,9	126,0	26,0	121,0	21,0
-1	135,5	35,5	132,0	32,0	126,0	26,0
0	143,6	43,6	139,4	39,4	132,0	32,0