

INFORME UIT-R SM.2092*

**Estudios sobre las repercusiones en el servicio de exploración de la Tierra
por satélite (pasivo) de los servicios activos con atribuciones
en bandas adyacentes o próximos a las del servicio
de exploración de la Tierra por satélite (pasivo)**

(2007)

ÍNDICE

Página

1	Introducción.....	4
2	Metodología.....	4
2.1	Generalidades	4
2.2	Descripción detallada del organigrama	7
2.3	Apéndice técnico	17
3	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y sistemas del servicio de radiolocalización que funcionan en la banda 1 350-1 400 MHz.	41
3.1	SETS (pasivo).....	41
3.2	Servicio de radiolocalización.....	44
3.3	Umbral de compatibilidad	47
3.4	Evaluación de la interferencia	47
3.5	Técnicas de reducción de interferencia.....	72
3.6	Resultados de los estudios	77
4	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y el servicio fijo en las bandas 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz.....	78
4.1	SETS (pasivo).....	78
4.2	Servicio fijo	78
4.3	Estudios de compatibilidad.....	83
4.4	Técnicas de reducción para interferencias	92
4.5	Resultados de los estudios	94

* Siria se reserva el derecho a no aceptar cualesquiera criterios de protección propuestos en este Informe, como resultado de la utilización de bandas de frecuencias atribuidas al SFS, SRNS, SMS y SFS en bandas adyacentes a las del SETS.

5	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y sistemas del servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 1 427-1 429 MHz.....	95
5.1	SETS (pasivo).....	95
5.2	Servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio)	95
5.3	Nivel de interferencia	98
5.4	Evaluación de la interferencia	98
5.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	101
5.6	Resultados de los estudios	104
6	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y el servicio móvil en las bandas 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz.....	104
6.1	SETS (pasivo).....	104
6.2	Servicio móvil.....	105
6.3	Umbral de compatibilidad	109
6.4	Evaluación de la interferencia	110
6.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	116
6.6	Resultados de los estudios	117
7	Análisis de compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 23,6-24 GHz y el SES en la banda 22,55-23,55 GHz	118
7.1	SETS (pasivo).....	118
7.2	Servicio entre satélites (SES).....	126
7.3	Criterios de interferencia para la compatibilidad.....	133
7.4	Evaluación de la interferencia	134
7.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	145
7.6	Conclusiones.....	145
8	Análisis de la compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz y el SFS (Tierra-espacio) y el SMS (Tierra-espacio) en la banda 30-31 GHz	146
8.1	SETS (pasivo).....	146
8.2	SFS SMS.....	150
8.3	Umbral de interferencia	155
8.4	Evaluación de la interferencia	156
8.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	180
8.6	Resultados de los estudios	181

Página

9	Análisis de compatibilidad entre sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) que funcionan en la banda 31,3-31,5 GHz y sistemas del servicio fijo (SF) que funcionan en la banda 31-31,3 GHz	184
9.1	SETS (pasivo).....	184
9.2	Servicio fijo	185
9.3	Umbral de compatibilidad (si procede)	186
9.4	Evaluación de la interferencia	187
9.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	206
9.6	Resultados de los estudios	206
10	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 50,2-50,4 GHz y sistemas del SFS (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 47,2-50,2 GHz.....	207
10.1	SETS (pasivo).....	207
10.2	SFS (Tierra-espacio).....	211
10.3	Umbral de interferencia	214
10.4	Evaluación de la interferencia	214
10.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	229
10.6	Resultados de los estudios	230
11	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 50,2-50,4 GHz y sistemas del SFS (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 50,4-51,4 GHz.....	232
11.1	SETS (pasivo).....	232
11.2	SFS.....	236
11.3	Umbral de interferencia	239
11.4	Evaluación de la interferencia	239
11.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	252
11.6	Resultados de los estudios	252
12	Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 52,6-52,8 GHz y sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz.....	254
12.1	SETS (pasivo).....	254
12.2	Servicio fijo	255
12.3	Umbral de compatibilidad	257
12.4	Evaluación de la interferencia	257
12.5	Técnicas de reducción de la interferencia.....	270
12.6	Resultados de los estudios	270

1 Introducción

El servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (pasivo) está estudiando la recepción de emisiones naturales a niveles mucho más bajos de los que por lo general se utilizan en otros servicios de radiocomunicaciones. Por lo tanto, los sensores suelen ser más susceptibles a la interferencia causada por las emisiones no deseadas de los servicios activos.

Se han efectuado atribuciones a título primario a diversos servicios espaciales en sentido Tierra-espacio, como por ejemplo al servicio fijo por satélite (SFS), al servicio móvil por satélite (SMS) y al servicio de radiodifusión por satélite (SRS) y/o a servicios terrenales tales como el servicio fijo (SF), el servicio móvil (SM) y el servicio de radiodifusión (SR), a partir de ahora denominados «servicios activos», en bandas adyacentes o próximas a las bandas atribuidas al SETS (pasivo).

En el presente Informe Técnico se describe el desarrollo de diferentes estudios sobre pares de bandas. Dichos estudios proporcionan una metodología y un marco para documentar los resultados de la evaluación de la interferencia entre los servicios activos y el SETS (pasivo) que funcionan en bandas adyacentes y próximas.

El Cuadro que figura a continuación contiene la lista de las bandas que se consideraron en dichos estudios, y en los siguientes puntos de este Informe se indican los resultados de esos estudios.

**Lista de bandas consideradas en los estudios de compatibilidad
con el SETS (pasivo)**

Banda del SETS (pasivo)	Banda del servicio activo
1 400-1 427 MHz	1 350-1 400 MHz (radiolocalización)
1 400-1 427 MHz	1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz (SF)
1 400-1 427 MHz	1 427-1 429 MHz (operaciones espaciales)
1 400-1 427 MHz	1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz (SM)
23,6-24 GHz	22,55-23,55 GHz (servicio entre satélites (SES))
31,3-31,5 GHz	30-31 GHz (SFS, SMS)↑
31,3-31,5 GHz	31,0-31,3 GHz (SF)
50,2-50,4 GHz	47,2-50,2 GHz (SFS)↑
50,2-50,4 GHz	50,4-51,4 GHz (SFS, SMS)↑
52,6-52,8 GHz	51,4-52,6 GHz (SF)

2 Metodología

2.1 Generalidades

En la siguiente metodología general se define un método sistemático para establecer criterios de compatibilidad mutuamente aceptables entre los operadores de los servicios activos y pasivos que funcionan en las bandas que les han sido atribuidas. En el organigrama (Fig. 2-1) se resume la metodología con cada uno de los pasos individuales que se describen detalladamente en el § 2.2 *infra*. Dado que el procedimiento es iterativo, se podrían necesitar varias etapas para encontrar una solución.

El primer paso consiste en determinar los parámetros de transmisión del servicio activo (recuadro (i)). El punto de partida es la hipótesis del caso más desfavorable que se utiliza para determinar si hay posibilidades de interferencia perjudicial a los servicios pasivos por alguno o todos los servicios activos que funcionan en una banda adyacente o próxima. A menudo se puede determinar ese nivel de potencia correspondiente al caso más desfavorable a partir de los límites reglamentarios existentes (recuadro (1)), tales como las dfp que figuran en el Artículo 21 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Así pues, deben imponerse ese tipo de límites reglamentarios a la potencia transmitida por los servicios activos para determinar el nivel de emisiones no deseadas correspondiente al caso más desfavorable en bandas del servicio pasivo (recuadro (ii)).

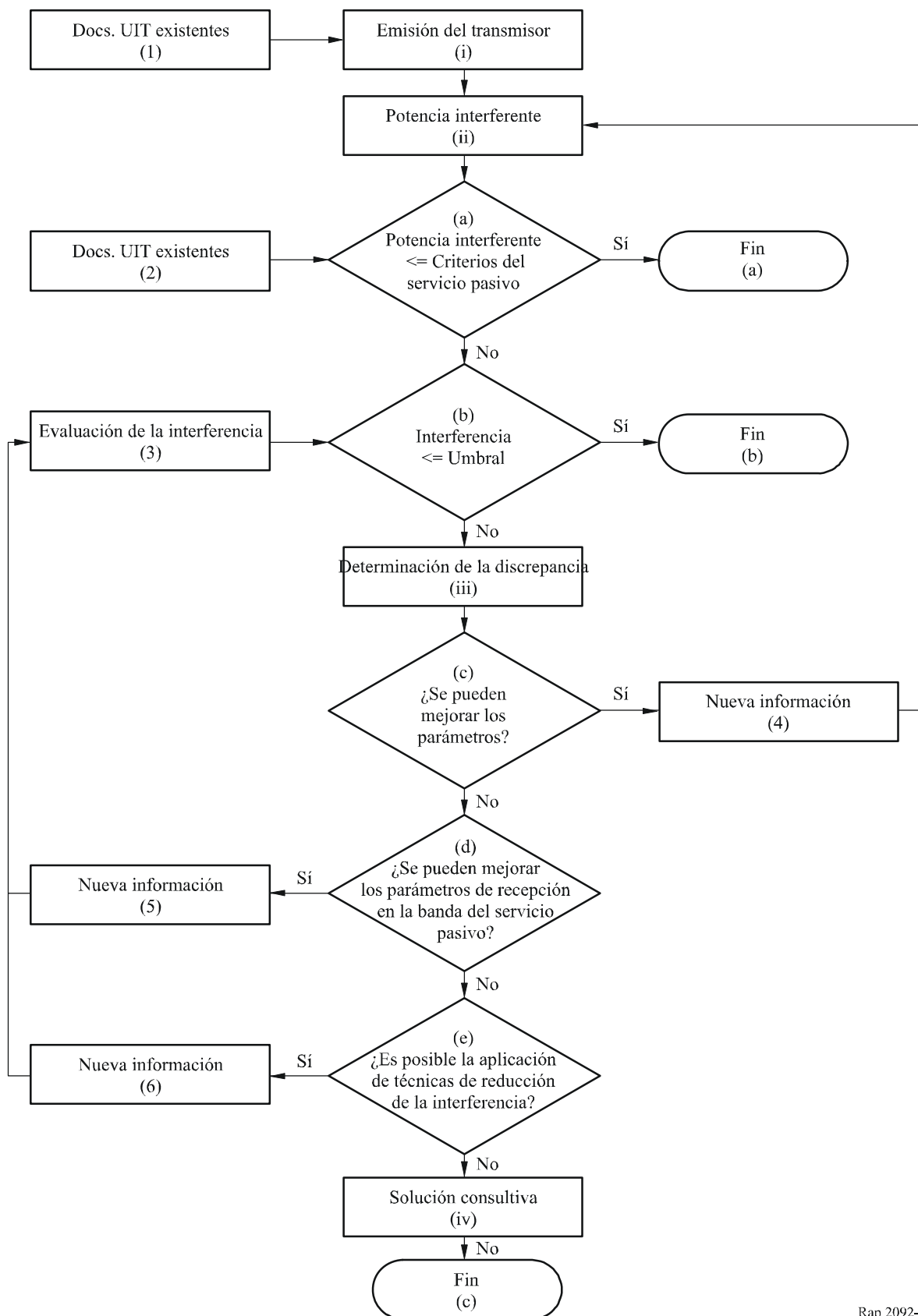
El paso siguiente consiste en determinar si el nivel de interferencia correspondiente al caso más desfavorable es superior al umbral de interferencia del servicio pasivo para la banda que se considera (rombo (a)). Esos niveles de umbral están consignados en diversas Recomendaciones del UIT-R (recuadro (2)), como por ejemplo las Recomendaciones UIT-R RA.769 o UIT-R RS.1029. Si ese umbral de interferencia es superior al nivel de emisiones no deseadas correspondiente al caso más desfavorable en la banda, entonces no hay efecto adverso en las operaciones del servicio pasivo. En tal caso la metodología sigue la línea «Sí» y el proceso termina. En este punto, como en todos los otros puntos de la metodología, las suposiciones de las que se parte para alcanzar el punto final forman la base técnica para un acuerdo de trabajo compatible entre los servicios activos y pasivos de que se trata. El modo según el cual se utilizan esas suposiciones técnicas y las conclusiones resultantes es un ejercicio reglamentario que está más allá del alcance técnico de la presente Recomendación. No obstante, en el caso del rombo (a), si se determina que la interferencia es superior a los criterios del servicio pasivo, entonces es necesario seguir la rama «No» hacia el rombo (b). En la primera iteración no se dispone de nueva información, de modo que el trayecto continúa hasta el recuadro (iii). En las iteraciones posteriores, el umbral del rombo (b) puede ser diferente de los criterios del servicio pasivo utilizados en el rombo (a), como consecuencia de la modificación o incorporación de parámetros y la compartición de cargas. Esos parámetros modificados o adicionales pueden tener su origen en los rombos (c), (d) o (e). El rombo (b) permite seguir evaluando si se ha logrado la compatibilidad.

En caso afirmativo, el proceso continúa a lo largo de la rama «Sí» y el procedimiento termina. En caso negativo, es necesario evaluar la discrepancia, y por lo tanto al llegar a los rombos (c), (d) o (e), se deben considerar las siguientes alternativas:

- mejorar los parámetros de emisión del servicio activo, tales como los parámetros reales del sistema, la potencia primaria disponible, etc., y/o;
- mejorar los parámetros de recepción en la banda del servicio pasivo, y/o;
- elaborar nuevas técnicas de reducción de la interferencia para los servicios activos y pasivos, que pueden incluir las alternativas (a) y (b).

FIGURA 2-1

Proceso para la evaluación de servicios activos y pasivos en bandas adyacentes y cercanas



Cuando durante la estimación de discrepancias, como se indica en el recuadro (iii), se determina que la divergencia entre los dos niveles es amplia, es evidente entonces que las hipótesis utilizadas en la primera iteración son insuficientes para resolver el problema y se deberán formular hipótesis más detalladas acerca de las características y operaciones de ambos servicios. Sin embargo, si la divergencia es pequeña, puede ser posible modificar ligeramente una de las hipótesis fundamentales de modo tal de convergir a una solución en la iteración siguiente. Un examen de los datos disponibles puede indicar qué hipótesis adicionales serían convenientes.

Con este criterio, se puede considerar la modificación, en iteraciones sucesivas, de uno o más parámetros del servicio activo, parámetros del servicio pasivo, los criterios de compatibilidad o los métodos de reducción de interferencia posibles, pues será necesario efectuar muchas iteraciones para lograr el objetivo o haber agotado todas las soluciones posibles. Si todas las soluciones han sido planteadas y ninguna operación compatible parece posible, el método finaliza entonces con una «solución consultiva». Esto implica que la única solución posible es que para un sistema activo específico se debe consultar con un operador de sistema de servicio pasivo específico, a fin de obtener una solución particular, si esto fuera posible. Los detalles de esta solución consultiva están fuera del alcance de esta Recomendación.

Esta metodología sólo trata la posible interferencia producida por un servicio activo que funciona en su banda atribuida. Teniendo en cuenta que el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) puede recibir interferencia simultánea de múltiples servicios, podría ser necesario efectuar otro estudio para determinar los efectos combinados de los múltiples servicios activos.

2.2 Descripción detallada del organigrama

2.2.1 Recuadro (1): Documentos de la UIT existentes

Este recuadro se refiere a los documentos que pueden ser pertinentes para determinar las señales emitidas. Los artículos del RR y las Recomendaciones e Informes del UIT-R siguientes son pertinentes para determinar la potencia del transmisor que puede interferir a bandas del servicio pasivo, y se proporcionan como referencia. Esta reglamentación y las Recomendaciones se deben utilizar como punto inicial en la evaluación de posibles emisiones no deseadas del servicio activo en bandas del servicio pasivo.

Reglamento de Radiocomunicaciones

Artículos 1, 5, 21, 22, Apéndice 3.

Recomendaciones UIT-R

- | | |
|----------------|--|
| UIT-R F.758: | Consideraciones relativas a la elaboración de criterios para la compartición entre el servicio fijo terrenal y otros servicios. |
| UIT-R F.1191: | Anchuras de banda y emisiones no deseadas de sistemas de relevadores radioeléctricos digitales. |
| UIT-R SM.326: | Determinación y medición de la potencia de modulación de amplitud de los transmisores radioeléctricos. |
| UIT-R SM.328: | Espectro y anchura de banda de las emisiones. |
| UIT-R SM.329: | Emisiones no esenciales. |
| UIT-R SM.1446: | Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja. |

- UIT-R SM.1539: Variación del límite entre el dominio fuera de banda y el dominio de emisiones no esenciales requeridas para la aplicación de las Recomendaciones del UIT-R SM.1541 y UIT-R SM.329.
- UIT-R SM.1540: Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda que caen en bandas adyacentes atribuidas.
- UIT-R SM.1541: Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda.

Además de estas Recomendaciones puede ser necesario obtener otros datos, como por ejemplo:

- el ciclo de trabajo de los sistemas;
- la distribución geográfica y densidades de los emisores que incluyen densidades de emplazamientos;
- la orientación o exploración de antena para la radiodeterminación de sistemas o de transmisiones en el sentido Tierra-espacio;
- la cobertura de haz para transmisiones en el sentido espacio-Tierra;
- las máscaras espectrales pertinentes; y
- los diagramas de antena.

Pueden no estar disponibles todos los datos enumerados anteriormente y para algunos parámetros puede ser necesario formular hipótesis. Otra información, tal como el emplazamiento de emisores puede requerir la formulación de modelos.

2.2.2 Recuadro (2): Documentos de la UIT existentes

Este recuadro se refiere a los documentos pertinentes para la selección de los criterios del servicio pasivo apropiados para la protección de la interferencia. Los diversos criterios del servicio pasivo, cada uno de ellos elaborado por el Grupo de Trabajo responsable de los respectivos servicios pasivos, sirven como entrada al rombo (a) del diagrama de flujo. Estas Recomendaciones han sido elaboradas con especial dedicación para asistir a otros Grupos de Trabajo que se ocupan de los servicios activos en evaluar la posibilidad de interferencia de sus respectivos servicios a los servicios pasivos. La lista de Recomendaciones que se ha de considerar es la siguiente:

Recomendaciones UIT-R

- UIT-R RA.769: Criterios de protección para las mediciones radioastronómicas.
- UIT-R RA.1513: Niveles de la pérdida de datos en las observaciones de la radioastronomía y criterios sobre el porcentaje de tiempo como resultado de la degradación causada por la interferencia en las bandas de frecuencias atribuidas a título primario al servicio de radioastronomía.
- UIT-R SA.1028: Criterios de calidad para la teledetección pasiva por satélite.
- UIT-R SA.1029: Criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite.

2.2.3 Recuadro (3): Evaluación de la interferencia

La función de este recuadro es permitir que el servicio pasivo genere un nuevo criterio de compartición basado en la información proporcionada en los recuadros (5) y (6). Como ejemplo, se podrían suponer niveles de lóbulo lateral menores que el valor de ganancia de antena percibida de 0 dBi que generalmente se estima para el SRA. Si éste fuera el caso, se efectuaría el proceso de nuevo cálculo de los criterios de compartición en el recuadro (3).

Para evaluar la interferencia de sistemas del SFS no OSG a estaciones del SRA, se debe utilizar la metodología que figura en la Recomendación UIT-R S.1586. Asimismo, para evaluar la

interferencia de los sistemas del SMS y del RNSS a estaciones del SRA, se debe utilizar la metodología que figura en la Recomendación UIT-R M.1583.

2.2.4 Recuadros (4), (5) y (6): Nueva información

La función de estos recuadros es dar cabida a nueva información introducida en el estudio de compartición mientras sigue el curso de las múltiples iteraciones. Un ejemplo de esta situación sería la utilización de la información del Apéndice 4 del RR presentada a la Oficina de Radiocomunicaciones en el recuadro (4) para justificar el uso de una densidad de flujo de potencia en banda menor que el valor reglamentario. Otra información puede ser la referida a filtros o antenas en cualquiera de los recuadros (4), (5) y (6) que introduce el proceso a fin de lograr el objetivo. La nueva información puede consistir también en documentos adicionales no considerados previamente, tales como Recomendaciones del UIT-R específicas, Recomendaciones regionales o Normas regionales. Los ejemplos para las casillas correspondientes son los siguientes:

Recuadro (4)

En frecuencias elevadas, los diagramas de antena transmisora pueden tener una anchura de banda considerablemente más estrecha a fin de maximizar la potencia en una zona de servicio limitada de modo de incrementar el caudal y superar los efectos atmosféricos. Como resultado, la mayor parte de la superficie de la Tierra puede recibir un nivel de densidad de flujo de potencia (dfp) de la emisión no deseada que está muy por debajo del nivel perjudicial del servicio pasivo. En lugar de tener el nivel aplicable en toda la superficie de la Tierra, puede ser posible reducir el nivel en una fracción de la misma. Como resultado, la probabilidad que una estación del SRA reciba interferencia perniciosa de una dirección específica se hace muy pequeña.

En la banda 40,0-42,5 GHz, la Recomendación UIT-R S.1557 «Características operacionales y características de operación mínimas de los sistemas del SFS que funcionan en las bandas 50/40 GHz para utilización en los estudios de compartición entre el servicio fijo por satélite y servicios terrenales» contiene parámetros que pueden ser utilizados para estudios pertinentes a esta banda.

Recuadro (5)

Se podrían utilizar características tales como diagramas de antena receptora en una determinada banda para reducir la diferencia entre el nivel de interferencia perjudicial del servicio pasivo y el nivel de la emisión no deseada recibido.

Recuadro (6)

Muchos métodos para reducir la interferencia que pueden minimizar la repercusión del servicio activo sobre el servicio pasivo se enumeran en la Recomendación UIT-R SM.1542. En cualquier caso específico, sólo los métodos de reducción de interferencia enumerados en estudio. En la aplicación de algunos métodos de reducción de interferencia, puede ser necesario determinar cómo se puede dividir la carga resultante de su aplicación.

2.2.5 Recuadro (i): Emisión del transmisor

El propósito de esta casilla es establecer la densidad de potencia en banda del transmisor en la conexión de antena.

2.2.5.1 Caso general

Por lo general, el valor se puede hallar mediante la siguiente expresión:

$$P_{\text{densidad}} = p.i.r.e.\text{densidad} - G_t \quad (1)$$

donde:

- $P_{densidad}$: densidad de potencia transmitida en la antena de transmisión (dB(W/Hz))
 $p.i.r.e_{densidad}$: densidad de la p.i.r.e. transmitida (dB(W/Hz))
 G_t : ganancia de la antena transmisora (dBi).

La densidad de la potencia transmitida se puede calcular también con la siguiente expresión:

$$P_{densidad} = 10 \log(p_t) - OBO - 10 \log(BW_{nb}) - L_c \quad (2)$$

donde:

- p_t : potencia nominal máxima del amplificador de transmisión (W)
 OBO : reducción de la potencia de salida (dB)
 BW_{nb} : anchura de banda necesaria (Hz)
 L_c : pérdida del circuito entre el amplificador de transmisión y la antena transmisora (dB).

En la ecuación (2) se supone que la densidad de potencia transmisora está distribuida uniformemente sobre la anchura de banda necesaria. Si esta hipótesis es errónea, se puede introducir una corrección para modificar apropiadamente la anchura de banda.

2.2.5.2 Nivel de potencia transmitido del satélite dentro de la banda conforme al Cuadro 21-4 del RR

Para calcular la densidad de potencia transmitida conforme a los límites de densidad de flujo de potencia, se tiene:

$$P_{densidad} = dfp + 10 \log(4\pi d^2) - G_t + L_c \quad (3)$$

donde:

- dfp : densidad de flujo de potencia del enlace descendente (dB(W/(m² · MHz)))
 d : trayecto oblicuo, del satélite a la estación terrena (km)
 G_t : ganancia de la antena transmisora (dBi)
 L_c : pérdida del circuito entre el amplificador de transmisión y la antena transmisora (dB)

Si se utilizan estos valores, se tendrá como resultado el nivel de emisión más elevado posible que, en muchos casos, es irreal. Esto se debe a que no se tienen en cuenta factores tales como el régimen de caída real de la antena transmisora y las formas de onda espectrales. Al efectuar estos cálculos se debe considerar que la ganancia de la antena transmisora depende de cada sistema y de sus aplicaciones. Generalmente, la ganancia de la antena transmisora del satélite varía de la siguiente manera:

- para sistemas del SMS no OSG la ganancia varía en una gama de 17 dBi a 31 dBi en función de la altitud del satélite y de los ángulos de elevación;
- para sistemas del SMS OSG la ganancia varía en la gama de 41 dBi a 45 dBi;
- para la ganancia de antena del satélite del SFS de los enlaces 4/6 GHz y 12/14 GHz existentes, la ganancia varía en la gama de 20 dBi a 42 dBi. No obstante, la ganancia de antena de los sistemas de satélite futuros de 4/6 GHz y 12/14 GHz pueden ser considerablemente más elevados que los de los sistemas existentes; y
- para sistemas de satélite del SFS en las bandas 20/30 GHz y 40/50 GHz, la ganancia de la antena transmisora de satélite está comprendida en una gama de 44 dBi a 60 dBi.

2.2.5.3 Densidad de potencia basada en la potencia de RF total de la estación espacial

El cálculo de la densidad de la p.i.r.e. de transmisión depende de la potencia de RF de transmisión total del satélite, de las pérdidas de los circuitos entre un amplificador de potencia de transmisión y una antena transmisora, de la ganancia de la antena transmisora, del diagrama de reutilización de frecuencias, la anchura de banda asignada, la cantidad de haces, etc. La densidad media de la p.i.r.e. transmitida se puede calcular con la siguiente expresión:

$$P_{densidad} = 10\log(P_{total}) - 10\log(N_{haz}) - 10\log\left(\frac{BW_{as}}{N_{frec}}\right) - OBO \quad (4)$$

donde:

P_{total} : potencia de transmisión de RF total (W)

N_{haz} : cantidad de haces

BW_{as} : anchura de banda asignada (Hz)

Por ejemplo: 500 MHz para la banda 4/6 GHz; 1 000 MHz para la banda 12/14 GHz, etc.

N_{frec} : diagrama de reutilización de frecuencia

OBO : reducción de la potencia de salida (dB)

2.2.5.4 Densidad de potencia basada en las notificaciones de redes de satélite de la UIT

La densidad de potencia transmitida de satélite se puede obtener directamente de las notificaciones que figuran en el Apéndice 4 del RR.

2.2.6 Recuadro (ii): Potencia interferente

El objetivo de este paso es calcular el nivel de la emisión no deseada recibida por el servicio pasivo basada en la densidad de flujo de potencia dentro de la banda determinada en el recuadro (i). La forma de calcularla variará de acuerdo con las características del servicio de transmisión y las características del servicio pasivo que recibe la interferencia. La posible interferencia al servicio pasivo debido a las emisiones no deseadas de los sistemas de servicios activos se puede calcular de la siguiente manera:

$$dfp_{(emisiones\ no\ deseadas)} = dfp_{activo\ en\ banda} - OOB - L \quad (5)$$

donde:

$dfp_{(emisiones\ no\ deseadas)}$: nivel de densidad de flujo de potencia en los puntos de recepción del SRA

$dfp_{activo\ en\ banda}$: niveles de densidad de flujo de potencia dentro de la banda de los sistemas de servicio activo. Los límites de densidad de flujo de potencia máximos admisibles figuran en el Cuadro 21-4 del RR se pueden utilizar en este cálculo. En algunos casos, no hay límites de densidad de flujo de potencia del enlace descendente, y se pueden utilizar los límites de densidad de flujo de potencia del enlace descendente máximos del sistema activo

OOB : máscara de rechazo fuera de banda (por ejemplo, basada en la Recomendación UIT-R SM.1541)

L : atenuación debida a gases atmosféricos y pérdidas de centelleo (Recomendación UIT-R P.676 «Atenuación por gases atmosféricos»).

En el número 1.153 del RR y en la Recomendación UIT-R SM.1541 se indican métodos para determinar las emisiones de los servicios activos dentro del dominio fuera de banda. Cuando se aplica la Recomendación UIT-R SM.1541, el alcance del dominio fuera de banda se determina

mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1539. La Recomendación UIT-R SM.329 se utiliza para calcular niveles de emisiones no deseadas procedentes de servicios activos que se producen en el dominio de las emisiones no esenciales.

2.2.6.1 Receptor del servicio de exploración de la Tierra por satélite

El SETS es vulnerable a las interferencias procedentes de transmisores terrenales, incluidos transmisores de alto nivel y emisiones combinadas de transmisores de bajo nivel de potencia densamente instalados. Los transmisores a bordo de un vehículo espacial pueden agregar la energía recibida por el sensor a través de reflexiones fuera de la Tierra en el haz principal de la antena, o directamente a través de la parte lateral o posterior de la antena.

Los elementos que son necesarios para evaluar la potencia resultante de sistemas activos en un receptor del SETS, incluyen:

- la ganancia del sistema del SETS;
- las características de puntería del sistema del SETS;
- la altitud del SETS; y
- la absorción atmosférica.

2.2.6.1.1 Densidad geográfica del transmisor

Los sistemas instalados en la superficie de la Tierra son esencialmente estacionarios durante el periodo de medición del sensor. La posible interferencia aumenta cuando en el haz principal de la antena del sensor aparecen diversos transmisores. La información requerida para la evaluación de la potencia recibida de sistemas activos emplazados dentro de la célula de medida (píxel) del SETS, es la siguiente:

- el tamaño del píxel del SETS;
- el número de terminales desplegados en la célula de medida que utilizan la misma frecuencia al mismo tiempo;
- la ganancia aproximada de los sistemas terrenales en la dirección del satélite del SETS. La Recomendación UIT-R F.1245 proporciona el diagrama de antena para sistemas punto a punto del servicio fijo y la Recomendación UIT-R F.1336 proporciona diagramas de radiación de referencia para sistemas punto a multipunto. Teniendo en cuenta que los terminales del SF están orientados en dirección cercana al horizonte, la probabilidad de tener un sistema del SF orientado directamente dentro del haz principal de una antena de satélite del SETS es muy baja. Como medida tentativa, la ganancia media de los sistemas del SF en la dirección del satélite del SETS que ha de ser utilizado en el cálculo de la potencia combinada recibida en dicho satélite se puede estimar fijando para cada uno de los terminales del SF una ganancia que es la calculada para un ángulo de 90° con respecto al eje.

En el caso de sistemas del SF, se deben considerar los siguientes parámetros:

- la disposición de los canales (si lo hubiera) como medida preliminar (examinar los canales «más cercanos» a la banda del SETS);
- la Recomendación UIT-R F.1191 establece que «para los sistemas digitales del SF, se debe considerar que la anchura de banda necesaria tiene el mismo valor que la anchura de banda ocupada» y que la potencia del SF fuera de la anchura de banda ocupada (inferior y superior) no debe superar el 0,5% de la potencia media total de la emisión dada (número 1.153 del RR). Los valores de potencia media total figuran en la Recomendación UIT-R F.758.

2.2.6.1.2 Transmisor orientado hacia sensores

En algunos casos, un transmisor podría interferir las mediciones cuando el sensor se encuentra dentro del lóbulo principal de la estación terrenal. La información requerida para la evaluación de la potencia recibida del sistema activo es la siguiente:

- la ganancia del transmisor en la dirección del SETS; y
- el trayecto del enlace.

2.2.6.1.3 Enlaces descendentes del satélite

En algunos casos, es posible tener interferencia de señales reflejadas fuera de la superficie de la Tierra que pudieran ingresar en el haz principal de la estación espacial. La información requerida para la evaluación de la potencia recibida del sistema activo es la siguiente:

- el coeficiente de reflexión del terreno o masa de agua;
- la ganancia del sistema espacial en dirección de la Tierra;
- la altitud del sistema espacial o la dfp en la Tierra.

2.2.6.2 Receptor del servicio de radioastronomía

2.2.6.2.1 Emisiones no deseadas del servicio fijo

El servicio de radioastronomía puede tener interferencia procedente de estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS, *high altitude platform station*). Ninguna otra cuestión relacionada con fuentes de interferencia terrenales en las bandas de radioastronomía ha sido identificada en la Recomendación UIT-R SM.1542.

2.2.6.2.2 Emisiones no deseadas de los sistemas espaciales

La potencia interferente que incide en estaciones del SRA puede tener origen en enlaces descendentes de servicios OSG (órbita de los satélites geoestacionarios) o no OSG (órbita de los satélites no geoestacionarios). En el primer caso la interferencia no variará, por lo general, en ubicación o tiempo. En el segundo caso, la potencia interferente variará tanto en el tiempo como en su ubicación en el cielo. Por lo tanto, estas dos interferencias se han de tratar separadamente.

2.2.6.2.2.1 Emisiones no deseadas de sistemas de satélites OSG (enlace descendente)

El nivel de las emisiones no deseadas se puede evaluar de la siguiente manera:

$$I = \int_{f_1}^{f_2} \frac{p(f) \cdot g(f)}{SL \cdot ATM} df \quad (6)$$

donde:

- I : potencia interferente en la estación del SRA (W/m^2)
- f_1, f_2 : extremo inferior y superior, respectivamente, de la banda de recepción del SRA (Hz)
- $p(f)$: potencia de emisión no deseada en el colector de la antena transmisora (W)
- $g(f)$: ganancia de la antena transmisora en la dirección del sitio de radioastronomía
- SL : pérdida geométrica (dB)
- $ATM(f)$: absorción atmosférica en la banda $f_1 - f_2$ en función de la frecuencia.

Se debe señalar que la potencia de la señal transmitida, así como la ganancia del subsistema de antena, varían con la frecuencia y, como tal, se representan en función de la frecuencia. La interferencia total en el emplazamiento de la estación del SRA es la integral de esas funciones como se indica en la expresión sobre la frecuencia de la banda de paso del receptor. En los casos donde el

nivel de la emisión no deseada y la ganancia de antena son constantes en toda la anchura de banda del receptor del servicio pasivo, la función se puede simplificar de la siguiente manera:

$$I = \frac{P \cdot g}{SL \cdot ATM} \quad (7)$$

En los casos en que la banda activa es adyacente a la banda pasiva, se puede suponer que la ganancia de la antena transmisora permanece constante en la banda de transmisión y en la banda del servicio pasivo. Sin embargo, a menudo éste no es el caso, particularmente cuando la banda del servicio pasivo está por debajo de la frecuencia de corte de la red de alimentación del guionondas en el subsistema de antena.

2.2.6.2.2.2 Emisiones no deseadas de sistemas de satélite no OSG (enlace descendente)

Para calcular la interferencia procedente de sistemas del SFS no OSG a estaciones en el SRA, se debe utilizar el método que figura en la Recomendación UIT-R S.1586. Asimismo, para evaluar la interferencia de sistemas de del SMS y del RNSS no OSG a estaciones del SRA, se debe utilizar el método indicado en la Recomendación UIT-R M.1583.

2.2.7 Recuadro (iii): Determinación de la discrepancia

El objetivo de esta casilla es proporcionar una revisión de los datos de entrada y la discrepancia antes de continuar con otra iteración de la metodología. Si se ha llegado a esta casilla, la interferencia recibida es mayor que el umbral, lo cual implica que se han de efectuar modificaciones en la siguiente iteración para compensar la diferencia entre los dos valores.

En las primeras iteraciones a través del bucle, se debe tratar de mejorar la exactitud de la determinación de la interferencia en el servicio pasivo. Como los estudios preliminares de compartición comprenden hipótesis aproximadas de ambos sistemas, es necesario que éstos sean perfeccionados de modo tal de evaluar adecuadamente la posible interferencia. Las metodologías de cálculo y las descripciones más detalladas del sistema pueden requerir un mayor grado de complejidad de cómputo, pero a su término puede revelar que la interferencia potencial sea significativamente menor que las hipótesis aproximadas habían indicado.

Una vez que se considera que el estudio es suficientemente preciso pero aun existen diferencias de valores, será necesario que una o ambas partes acepten restricciones a fin de solucionar el problema. Estas restricciones pueden tomar la forma de restricciones operacionales, modificaciones de las características del equipo o una modificación en los criterios de compartición.

Una vez que en esta casilla se hayan identificado los puntos de cambios posibles en el próximo paso, la casilla de decisión apropiada efectuará el cambio y conducirá a una nueva evaluación de la interferencia.

2.2.8 Recuadro (iv): Solución consultiva

Después de varias iteraciones de la metodología, aun pueden existir diferencias entre el servicio activo y el servicio pasivo. Si no se pueden efectuar otras modificaciones en cualquiera de los parámetros del sistema, criterios o métodos de mitigación de la interferencia, no habrá entonces solución general que permita a todos los usuarios de la banda activa compartir con todos los usuarios del servicio pasivo. La única solución restante que puede ser explorada es que los usuarios de subconjuntos de bandas activa y pasiva puedan entablar tratativas y obtener un posible acuerdo entre ellos. Por ejemplo, entre dos bandas adyacentes puede no ser posible encontrar una solución entre el SFS y el SRA. No obstante, puede ser posible una solución entre el SFS no OSG y el SRA.

La metodología indicada en la Fig. 2-1 puede ser útil para llevar a cabo las tratativas entre subconjuntos de operadores que comparten la banda.

Sin embargo, si los grupos consultivos más pequeños no pueden obtener un acuerdo, la metodología llega a su fin sin haber obtenido la solución. El mejoramiento resultante de las iteraciones de la metodología puede ser útil para solucionar el problema y proponer futuras esferas de estudio. Puede servir también como base de múltiples soluciones entre las cuales los órganos de reglamentación pueden seleccionar.

2.2.9 Rombo (a): Potencia interferente $\leq$ criterios del servicio pasivo

La potencia interferente determinada en el recuadro (ii) se compara con los criterios de protección del servicio pasivo apropiados del recuadro (2). Si la interferencia es mayor que el nivel perjudicial, la metodología continua hasta el rombo de decisión (b). Este método finaliza si la interferencia es menor o igual que el criterio.

2.2.10 Rombo (b): Potencia interferente $\leq$ umbral

En las últimas iteraciones el umbral en el rombo (b) puede indicar que es posible la disposición de operación que proporciona protección adecuada para el servicio pasivo mientras que se minimizan las restricciones sobre el servicio activo. Los parámetros utilizados pueden surgir de los procedimientos en los rombos (c), (d) o (e). La carga que surge de este acuerdo podría ser distribuida equitativamente entre los dos servicios. En el caso de servicios activos de interferencias múltiples, el procedimiento de iteración debe continuar para cada uno de los servicios, produciendo diferentes acuerdos de operación posibles para cada uno. El principio rector es que la carga total sobre todas las partes que participan no debe hacer que ninguna de esas partes sea incapaz de operar eficazmente.

2.2.11 Rombo (c): ¿Se pueden mejorar los parámetros de emisión?

Siguiendo el análisis indicado en el recuadro (iii), puede ser posible modificar los parámetros de emisión del servicio activo. Por ejemplo, los límites reglamentarios utilizados como límites inferiores que son más representativos que el actual pueden reemplazar las hipótesis del caso más desfavorable para futuros sistemas planificados. Estas hipótesis modificadas pueden entonces tenerse en cuenta en iteraciones subsiguientes.

2.2.12 Rombo (d): ¿Se pueden mejorar los parámetros de recepción en la banda del servicio pasivo?

Siguiendo el análisis efectuado en el recuadro (iii), puede ser posible modificar los parámetros de recepción del servicio pasivo. Por ejemplo, se pueden utilizar diagramas de antenas reales en lugar de diagramas más conservadores. Estas hipótesis modificadas se pueden tomar en cuenta en iteraciones subsiguientes.

2.2.13 Rombo (e): ¿Es posible la aplicación de técnicas de reducción de la interferencia?

Una vez que los parámetros de los servicios activos y pasivos ya no se pueden mejorar y existe aun una diferencia entre el valor umbral de la compartición y la magnitud de la interferencia, los métodos de mitigación se pueden considerar como un medio para reducir esa diferencia. En esta sección se incluyen tres métodos probables, si bien existen otros adicionales (por ejemplo la lista del Anexo 3 de la Recomendación UIT-R SM.1542).

2.2.13.1 Sistema activo

2.2.13.1.1 Filtrado por el sistema activo

Un método de protección adecuada de los servicios pasivos es la introducción de filtrado adicional en la cadena de RF del transmisor para reducir el nivel de emisiones no deseadas. En algunos casos esto puede representar una carga mínima pues la arquitectura del transmisor permite la inserción de

un filtro o la mejora de un filtro existente. Sin embargo, en algunos casos, la aplicación de filtros puede estar afectada por consideraciones de costo, peso y/o reducción de la capacidad.

2.2.13.1.2 Utilización de una banda de guarda

Un método para reducir el nivel de la emisión no deseada de un servicio activo en una banda de un servicio pasivo es la introducción de una banda de guarda. La banda de guarda permite reducir la potencia interferente recibida por el operador del servicio pasivo. Si bien esto puede ser efectivo cuando ambos sistemas comparten bandas adyacentes, puede tener poco valor cuando la separación entre las bandas es amplia, pues la anchura de banda adicional puede no proporcionar una mejora sustancial en la atenuación del filtro. Asimismo, la inserción de una banda de guarda reduce la anchura de banda disponible para uno o ambos servicios.

Para evaluar el efecto de una banda de guarda se deben realizar los siguientes cálculos. La potencia interferente (en vatios) recibida por el servicio pasivo es la siguiente:

$$I = \int_{f_1}^{f_2} \frac{p(f) \cdot g_1(f) \cdot g_2(f) \cdot r(f)}{FSL \cdot ATM} df \quad (8)$$

donde:

- I : potencia interferente recibida por el servicio pasivo dentro de su anchura de banda de recepción (W/m^2)
- f_1, f_2 : extremo inferior y superior, respectivamente, de la banda de recepción del servicio pasivo (Hz)
- $p(f)$: densidad de potencia de la emisión no deseada en función de la frecuencia en el conector de la antena de transmisión (W/Hz)
- $g_1(f)$: ganancia de la antena de transmisión en función de la frecuencia en la dirección de la antena del servicio pasivo
- $g_2(f)$: ganancia de la antena del servicio pasivo en función de la frecuencia en la dirección de la antena de transmisión
- FSL : pérdida en el espacio libre (m^2)
- $ATM(f)$: absorción atmosférica en la banda en función de la frecuencia
- $r(f)$: características de transferencia de los filtros del receptor del servicio pasivo en función de la frecuencia.

La utilización de una banda de guarda implica el desplazamiento de las curvas del receptor y del transmisor. Como resultado del desplazamiento de frecuencia algunas de las curvas pueden variar su configuración para dar cabida a la anchura de banda disponible.

2.2.13.1.3 Utilización de la separación geográfica

Otro método para evitar la interferencia perjudicial es asegurarse que la estación del servicio pasivo con base en Tierra está suficientemente alejada del eje de puntería del transmisor del servicio activo. Si las estaciones del servicio pasivo con base en Tierra están ubicadas en sitios alejados de la zona de servicio de la estación espacial la interferencia se reduce entonces al mínimo. Asimismo, si las estaciones del servicio pasivo con base en Tierra son escasas y se conocen los lugares de emplazamiento, será posible que el diseñador de la estación espacial fije la posición de los haces para evitar las estaciones del servicio pasivo con base en Tierra.

2.2.13.2 Sistema pasivo

Véase la Recomendación UIT-R SM.1542.

2.2.14 Casillas finales (a), (b), (c)

Final (a): La metodología que finaliza en este punto ha determinado que se ha obtenido compatibilidad entre los parámetros iniciales de servicio pasivo y los parámetros iniciales o mejorados del servicio activo. Un resultado posible en este punto es que no sea necesario efectuar modificaciones y que los parámetros iniciales analizados representen los sistemas compatibles.

Final (b): La metodología que finaliza en este punto ha determinado que es posible la compatibilidad entre los parámetros iniciales o mejorados del servicio pasivo y los parámetros iniciales o mejorados del servicio activo o por la consideración de otras técnicas de reducción de la interferencia.

Final (c): La metodología que finaliza en este punto ha determinado que no es posible obtener compatibilidad con los parámetros iniciales o mejorados de cada servicio. Por consiguiente, es necesario que las administraciones que patrocinan sistemas específicos celebren negociaciones relativas a dichos sistemas.

2.3 Apéndice técnico

La finalidad de este Apéndice técnico es recopilar información sobre temas técnicos que pueda utilizarse para los análisis de compatibilidad dentro de las bandas entre el SETS (pasivo) y los servicios activos con atribuciones en bandas adyacentes. Este Apéndice está dividido en dos partes principales. La primera parte gira en torno a la representación del espectro de emisiones no deseadas tomando como base información específica o genérica. En la segunda parte se establece una metodología para la simulación dinámica y la interpretación de sus resultados.

La Recomendación UIT-R SM.1541 y el Apéndice 3 del RR proporcionan un punto de partida para la evaluación de la interferencia causada a los sensores pasivos en bandas pasivas por parte de los servicios activos que funcionan en bandas adyacentes o próximas.

Sin embargo, las máscaras consignadas en la Recomendación UIT-R SM.1541 y los límites estipulados en el Apéndice 3 del RR indican los niveles máximos sobre la base de los cuales podrían evaluarse los niveles de las emisiones de dominio fuera de banda o no esencial, respectivamente, de modo que en cualquier intento por estimar la cantidad total de potencia en los dominios fuera de banda o no esencial utilizando esos niveles se sobrestimaré la potencia real del espectro de emisiones no deseadas. Así pues, esa aplicación sólo permite efectuar un análisis del caso más desfavorable. Si con este análisis inicial no se logra la compatibilidad, es necesario perfeccionar el estudio. En los párrafos que figuran a continuación se describen detalladamente algunas posibles técnicas para obtener una estimación más exacta:

- una simulación informática aplicable a los sistemas de comunicaciones en los servicios fijo, móvil, fijo por satélite, móvil por satélite y entre satélites;
- un análisis de Fourier aplicable a los sistemas de radar;
- el empleo de la función $(\sin x/x)^2$ para el régimen de caída de la señal del sistema SFS/SMS o el uso de otros filtros después de la modulación para los enlaces ascendentes del SFS;
- la utilización de filtros de coseno alzado.

2.3.1 Representación del espectro de emisiones no deseadas

2.3.1.1 Representación del espectro de emisiones no deseadas utilizando la Recomendación UIT-R SM.1541

2.3.1.1.1 Enfoque teórico para los sistemas SFS/SMS, determinación del dominio fuera de banda o no esencial

Cuando no se dispone de un espectro de emisiones no deseadas obtenido a partir de un modelo informático o de cualquier otro modelo, se sigue aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541. En el Anexo 5 de dicha Recomendación se especifica la máscara genérica fuera de banda (OoB) para las estaciones terrenas y espaciales del SFS y el SMS.

En el Anexo 5 de la Recomendación UIT-R SM.1541 se estipula lo siguiente:

«Las emisiones en el dominio fuera de banda de una estación que funcione en las bandas atribuidas al SFS, deben estar atenuadas por debajo de la densidad espectral de potencia máxima en una anchura de banda de referencia de 4 kHz dentro de la anchura de banda necesaria (en el caso de sistemas que funcionen por encima de 15 GHz puede utilizarse una anchura de banda de referencia de 1 MHz en lugar de 4 kHz), de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$40 \log \left(\frac{F}{50} + 1 \right) \quad \text{dBsd} \quad (9)$$

donde F es el desplazamiento en frecuencia desde el borde de la banda total asignada, expresado en términos de porcentaje de la anchura de banda necesaria. Nótese que el dominio de emisión fuera de banda comienza en los bordes de la banda total asignada.»

Por ejemplo, si la banda pasiva está por encima de la banda activa, F puede escribirse como:

$$F = 100 \frac{f - \left(f_0 + \frac{B_n}{2} \right)}{B_n} \quad (10)$$

siendo:

- f : la frecuencia fuera de la anchura de banda necesaria
- f_0 : la frecuencia central de la portadora
- B_n : la anchura de banda necesaria del servicio activo.

Cabe señalar que el dominio de emisiones fuera de banda comienza en los bordes de la banda total asignada. Un borde de la banda total asignada es $f_0 + \frac{B_n}{2}$. Utilizando la ecuación (10), la ecuación (9) puede transformarse en la siguiente.

$$40 \log \left(2 \frac{(f - f_0)}{B_n} \right) \quad \text{dBsd}$$

2.3.1.1.2 Cálculo de la potencia fuera de banda en bandas adyacentes

Para evaluar los efectos de las emisiones fuera de banda en los servicios pasivos con atribuciones en bandas adyacentes o próximas, debemos tomar en consideración:

- la anchura de banda necesaria de la emisión del sistema activo, puesto que éste es un parámetro clave que define la magnitud del dominio fuera de banda;
- la anchura de banda del receptor.

La expresión de la densidad espectral de potencia dentro del dominio fuera de banda queda determinada por la siguiente ecuación:

$$PSD(F) = PSD_{max_B_N} - 40 \log_{10} \left(\frac{F}{50} + 1 \right) \quad \text{dBW/MHz}$$

La expresión de la potencia fuera de banda que cae en la banda pasiva adyacente es la siguiente:

$$\begin{aligned} p &= \int_{F_1}^{F_2} 10^{\frac{PSD(F)}{10}} \left(\frac{B_N}{100} \right) dF \\ &= \left(\frac{B_N}{100} \right) \int_{F_1}^{F_2} \frac{psd_{max_B_n}}{\left(\frac{F}{50} + 1 \right)^4} dF \\ &= \frac{1}{6} \left[\left(\frac{F}{50} + 1 \right)^{-3} \right]_{F_2}^{F_1} (psd_{max_B_N} B_N) \end{aligned} \quad (11)$$

donde:

- B_N : en MHz
- psd_{max_BN} : máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria (W/MHz)
- F_1 : representa la separación de frecuencias entre el comienzo del dominio fuera de banda y el comienzo de la banda pasiva, expresada como porcentaje de la anchura de banda necesaria
- F_2 : representa la separación de frecuencias entre el comienzo del dominio fuera de banda y el final de la banda pasiva o el final del dominio fuera de banda, de estas dos magnitudes la menor.

Podemos definir un factor (R_1) que representa la diferencia entre la potencia dentro de la anchura de banda necesaria B_N y la potencia en la banda pasiva:

$$R_1(dB) = P_{B_N} - P = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{6} \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{F_2}{50} + 1 \right)^3} \right) \right) \quad (12)$$

2.3.1.1.3 Determinación del balance de potencia total

En el Artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones no se define el concepto de potencia total p_{tot} realmente transmitida. Ese concepto sería equivalente a:

$$P_{tot} = P_{Bn} + P_{OOB} + P_{no\ esencial} \quad (13)$$

siendo:

- p_{Bn} : la potencia dentro de la anchura de banda necesaria
- p_{OOB} : la potencia fuera de banda en ambos lados = $2p$ (con $F_1 = 0$ y $F_2 = 200$)
- $p_{no\ esencial}$: la potencia no esencial en ambos lados.

Utilizando la máscara estipulada en la Recomendación UIT-R SM.1541, p puede describirse como sigue:

$$p = \frac{62}{375} (psd_{max_B_N} B_N) \quad (\text{aplicación de la ecuación (11) con } F_1 = 0 \text{ y } F_2 = 200) \quad (14)$$

Suponiendo que la potencia está distribuida uniformemente dentro de la anchura de banda necesaria:

$$p_{B_N} = psd_{max_B_N} B_N$$

$$p = \frac{62}{375} p_{B_N} \approx 0,165 p_{B_N}$$

Considerando la ecuación (13), se obtiene:

$$p_{tot} = p_{B_N} + 2p + p_{no\,esencial}$$

$$\approx 1,33 p_{B_N} + p_{no\,esencial} \quad (15)$$

Por lo tanto, sobre la base de la máscara de dominio fuera de banda consignada en la Recomendación UIT-R SM.1541, menos del 75% de la potencia total utilizada para transmitir información útil está dentro de la anchura de banda necesaria. Más del 25% de la potencia total consiste en emisiones no deseadas, en vez del 1% (0,5% de cada lado de la emisión) que se necesita para considerar la emisión como óptima desde el punto de vista de la eficacia del espectro, de conformidad con el § 2 de la Recomendación UIT-R SM.328-10.

Este resultado es incompatible con la definición de «anchura de banda ocupada» estipulada en el RR. Por lo tanto, el resultado del cálculo de la potencia en la región fuera de banda, suponiendo que todas las emisiones fuera de banda siempre se encuentran al máximo nivel de la máscara estipulada en la Recomendación UIT-R SM.1541, muestra que esta máscara sólo sirve como orientación para evaluar la conformidad de una emisión dada.

Para conciliar la máscara fuera de banda consignada en la Recomendación UIT-R SM.1541 con una utilización óptima del espectro, sólo se debe considerar en realidad una fracción de la potencia fuera de banda calculada sobre la base de la máscara fuera de banda recomendada.

La expresión de la densidad de potencia espectral para una frecuencia F dada utilizando la Recomendación UIT-R SM.1541 es la siguiente:

$$psd(F) = \frac{psd_{max_B_N}}{\left(\frac{F}{50} + 1\right)^4}$$

Por consiguiente, su correspondiente expresión logarítmica es:

$$PSD(F) = P_{B_N} - 10 \log_{10}(B_N) - 40 \log_{10}\left(\frac{F}{50} + 1\right) \quad \text{dB(W/1 MHz)} \quad (16)$$

Para la ecuación antes indicada B_N se expresa en MHz.

Por lo tanto, la potencia en el dominio fuera de banda es:

$$P_{OoB} = \int_{F=0}^{200} psd(F) \frac{B_N}{100} dF \quad (17)$$

Si se calcula la potencia dentro del dominio fuera de banda (es decir, F en la gama $[0;200]$) y se supone que las emisiones no deseadas en un lado de la anchura de banda necesaria están limitadas a menos del 0,5% de la potencia media total p_T , tendremos:

$$p_{B_N} = 0,99 p_T$$

El factor de ajuste ff está definido como: $ff \cdot P_{OoB} \leq 0,005 P_T$. Por lo tanto, cabe señalar que ff representa la porción de la potencia fuera de banda calculada utilizando la máscara de la Recomendación UIT-R SM.1541 que podría retenerse para lograr el nivel óptimo de eficacia en cuanto a la utilización del espectro (B_N : anchura de banda ocupada según se define en el número 1.153 del RR).

Si se considera la expresión logarítmica, se llega a:

$$10 \log_{10}(ff) + P_{B_N} - 20 + 10 \log_{10} \left(\int_0^{200} \left(\frac{F}{50} + 1 \right)^{-4} dF \right) \leq P_T - 23$$

$$10 \log_{10}(ff) + P_T - 0,044 - 20 + 10 \log_{10} \left(\int_0^{200} \left(\frac{F}{50} + 1 \right)^{-4} dF \right) \leq P_T - 23$$

Tras el cálculo, puede obtenerse:

$$10 \log_{10}(ff) \leq -2,96 - 10 \log_{10} \left(\left[-\frac{50}{3} \left(1 + \frac{F}{50} \right)^{-3} \right]_0^{200} \right) \\ \leq -15,14$$

Y eventualmente:

$$ff \leq 3\% \quad (18)$$

2.3.1.1.4 Comunicaciones digitales

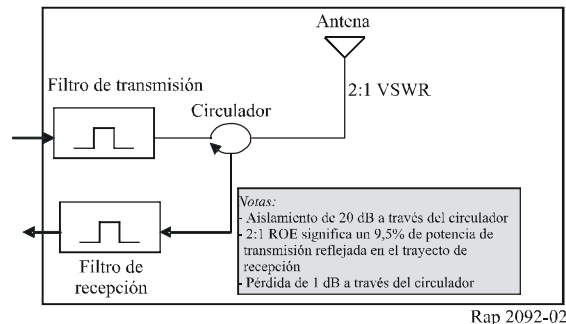
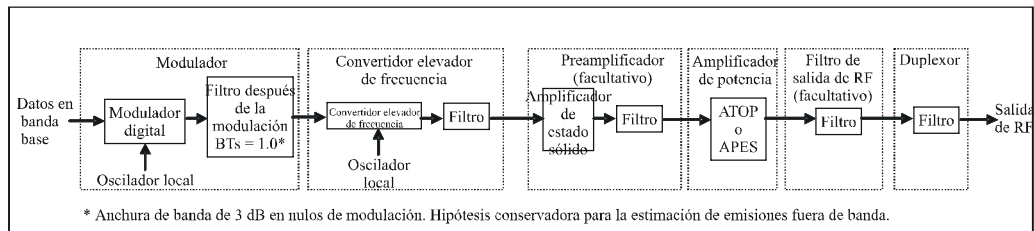
Por definición en el número 1.153 del RR se estipula que la potencia en la anchura de banda ocupada es igual al 99% de la potencia media total emitida, a menos que se indique de otro modo. Normalmente, para las portadoras de comunicaciones digitales que utilizan filtrado en raíz de coseno alzado, la anchura de banda necesaria y la anchura de banda ocupada son iguales y por consiguiente el 99% de la potencia media total emitida se encuentra dentro de la anchura de banda necesaria. Cuando se trata de portadoras de banda ancha, esto es particularmente importante desde el punto de vista de la eficacia espectral para garantizar que el espectro disponible se utiliza al máximo. La emisión de la mayor parte de la potencia disponible en la anchura de banda necesaria redundará en beneficio de los servicios de satélite.

2.3.1.2 Espectro de emisiones no deseadas mediante simulación

Se puede obtener una estimación más representativa del espectro de emisiones no deseadas producidas por un transmisor en una banda adyacente o próxima mediante simulaciones informáticas del equipo de transmisor típico utilizado por el servicio activo. En la Fig. 2-2 se presenta un diagrama de bloques del sistema de comunicaciones que es objeto de simulación.

FIGURA 2-2

**Diagrama de bloques de un transmisor de comunicaciones
para la simulación del espectro de emisiones no deseadas**



Rap 2092-02

Estas simulaciones deben ser específicas de la banda para reflejar los parámetros técnicos y operacionales característicos de los diferentes tipos de servicios en cada una de las bandas que se contemplan en esta Recomendación. En algunos casos se pueden obtener parámetros de modulación representativos a partir de las fuentes existentes en el UIT-R, como por ejemplo la Recomendación UIT-R F.758 en el caso del servicio fijo. Para los demás parámetros necesarios a efectos de la simulación se pueden asumir valores típicos, como la caracterización de las no linealidades del transmisor. Si bien es preciso especificar el filtrado en FI del tren de datos utilizado para modular la portadora, utilizando valores típicos para el tipo de modulación de que se trate, hasta la fecha en los estudios no se han incluido las características de filtrado de salida final. No obstante, la metodología de simulación permite incluir los efectos de varios tipos de filtrados posteriores a la modulación en la representación del espectro de emisiones no deseadas, y cuando se disponga de información sobre las características del filtro posterior a la modulación, ese filtrado posterior a la modulación debe incluirse en las simulaciones.

El modelo de simulación descrito en la Fig. 2-2 se utiliza para caracterizar a un transmisor en el cual la portadora está modulada por una única señal de banda base. El espectro de emisiones no esenciales (con inclusión de los efectos de intermodulación) producido por transmisores más complejos, como por ejemplo transmisores multiportadora y transpondedores de satélite que cambian la frecuencia, también puede modelarse mediante simulación informática, pero en tal caso habría que ampliar el diagrama de bloques de simulación que se ilustra en la Fig. 2-2.

2.3.1.3 Emisiones de radar no esenciales

En el caso de las emisiones de radar, se ha concebido un método en el marco del cual se utilizan representaciones espectrales basadas en un análisis de Fourier a fin de proporcionar una estimación más exacta de la potencia de las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda pasiva.

2.3.1.3.1 Enfoque general

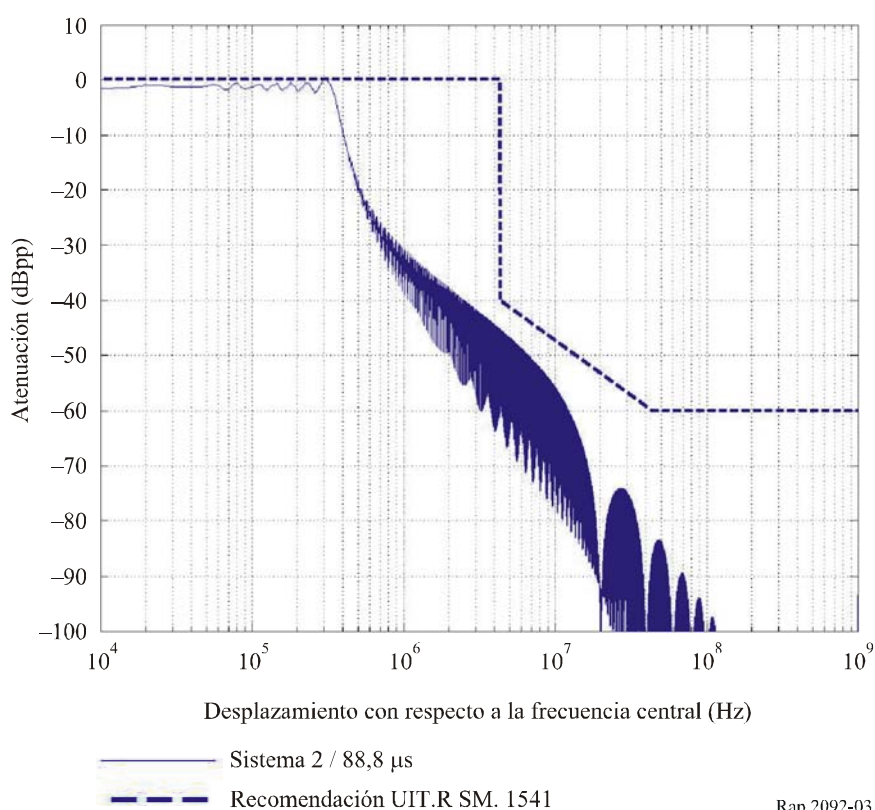
En la Recomendación UIT-R SM.1541 se estipula una máscara de atenuación que, cuando se utiliza en la evaluación de la potencia de las emisiones no deseadas que cae dentro de la banda del SETS (pasivo), puede dar lugar a una gran sobrestimación de la misma. Para obtener representaciones

espectrales precisas de las señales de radar moduladas y no moduladas, es necesario tener en cuenta primero la forma de los impulsos. En este caso, se utilizarán impulsos trapezoidales, en los cuales los tiempos de subida y caída son similares, lo que da lugar a una forma de impulso simétrica para los impulsos no modulados.

Según se ilustra en la Fig. 25 del Anexo 8 a la Recomendación UIT-R SM.1541, en el caso de los radares primarios el espectro de radar puede compararse a la máscara del dominio fuera de banda. Puesto que la máscara está expresada en una separación de frecuencias como un porcentaje de la anchura de banda -40 dB (B_{-40}), evidentemente B_{-40} depende de los parámetros del radar y debe calcularse de conformidad con las fórmulas estipuladas en el Anexo 8 (Recomendación UIT-R SM.1541).

La Fig. 2-3 a continuación contiene una representación gráfica de muestra.

FIGURA 2-3
Representación gráfica de muestra del Sistema 2 de la Recomendación UIT-R M.1463,
en la que se compara la representación espectral y la máscara estipulada
en la Recomendación UIT-R SM.1541

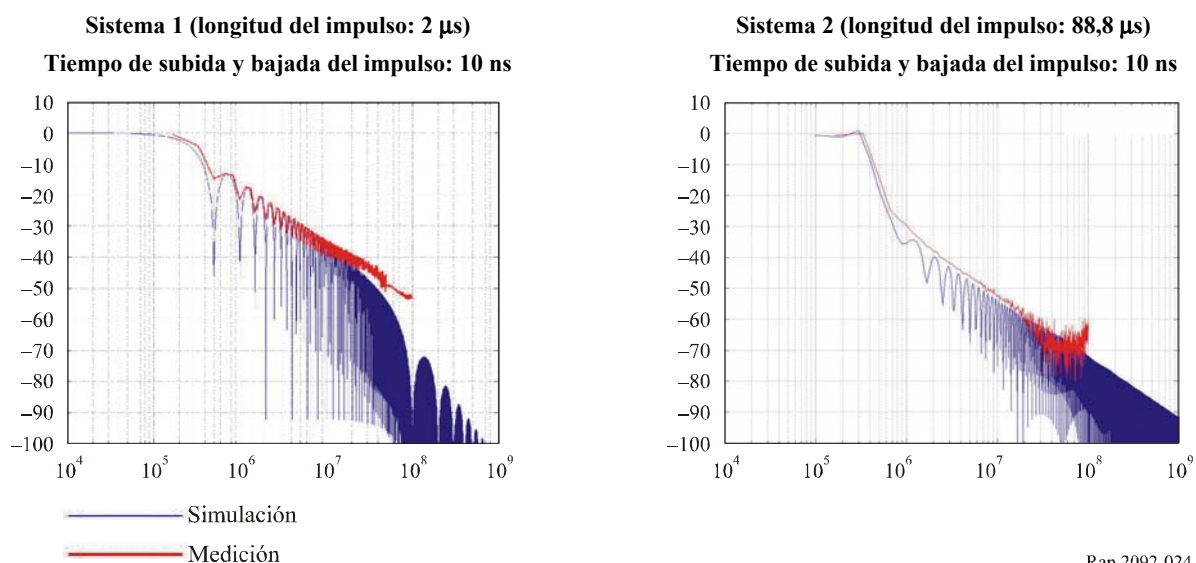


A partir de las máscaras y el espectro establecidos, se conoce la atenuación de la señal de radar en comparación con la situación dentro de la banda. Cuando se indica también la potencia de cresta aplicada a la antena, se pueden hacer estimaciones de la cantidad de potencia que cae en la banda pasiva, para determinar la potencia de las emisiones no deseadas en el puerto de la antena del radar. Esto debe servir de base para los análisis de compatibilidad.

2.3.1.3.2 Validación del enfoque general

Se han analizado los sistemas de radar 1 y 2 del Cuadro 3-3 que figuran en § 3, y los resultados se ilustran en la Fig. 2-4.

FIGURA 2-4



Rap 2092-024

Las mediciones se efectuaron utilizando un analizador de espectro ajustado para su «máxima retención», lo que significa que las curvas rojas de la Fig. 2-4 son básicamente valores de cresta. De estas figuras cabe apreciar claramente que el espectro teórico está muy próximo a las mediciones reales utilizando los mismos parámetros. En el laboratorio se utilizó un barrido de frecuencias (generador de formas de onda en el diagrama de bloques) que, según las previsiones, no tendrá suficiente pureza espectral como para llegar al ruido de fondo necesario para efectuar mediciones en torno a 100 MHz a partir de la portadora.

2.3.1.4 Cálculo del espectro de emisiones no esenciales utilizando $(\sin x/x)^2$ para representar la señal modulada en los sistemas del SFS/SMS

Otra forma propuesta de utilizar la Recomendación UIT-R SM.1541 para la representación del espectro de emisiones no deseadas en los análisis de compatibilidad consiste en utilizar la representación $\sin^2 x/x^2$ del espectro de la señal modulada seguida por una representación de las características del filtro después de la modulación o que, en el caso más desfavorable, no va seguida por ningún filtrado significativo posterior a la modulación.

Por lo general las portadoras de comunicación digital utilizadas en las redes de satélites emplean un filtrado en coseno alzado antes de la modulación para reducir la interferencia entre símbolos. En algunos casos, el filtrado anterior a la modulación es la raíz cuadrada del coseno alzado, a tenor de lo cual el filtrado se divide de manera uniforme entre el transmisor y el receptor. No obstante, en la práctica el filtrado no se divide igualmente entre el transmisor y el receptor, pero de todos modos normalmente el resultado es coseno alzado. Así pues, no es posible definir una cantidad de filtrado antes de la modulación que resulte representativa de todas las emisiones de las estaciones terrenas. Además, en las transmisiones desde estaciones terrenas del SFS en aplicaciones comerciales de satélite en las bandas de 6/4, 14/11-12 y 30/20 GHz no se ha recurrido a ningún filtrado posterior a la modulación.

La representación $\sin^2 x/x^2$ del espectro de la señal modulada se aplica al caso en el cual no se efectúa ningún filtrado de los impulsos de datos antes de la modulación. No obstante, por lo general en los sistemas del SFS se recurre a un filtrado en raíz de coseno alzado antes de la modulación.

Para evaluar los efectos de las emisiones del dominio fuera de banda en la banda pasiva adyacente, la relación entre la máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria y la función de atenuación antes descrita se integra en la región del espectro de interés, según se indica a continuación:

$$p = \int_{f_1}^{f_2} \frac{psd_{max_B_N}}{a(f)} df \quad (21)$$

donde:

$psd_{max_B_N}$: máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria

$a(f)$: función de atenuación dBsd expresada en una escala lineal.

También puede expresarse:

$$p = \int_{F_1}^{F_2} 10^{\frac{PSD(F)}{10}} \frac{B_N}{100} dF$$

donde:

$$PSD(F) = PSD_{max_B_N} - 40 \log_{10} \left(\frac{F}{50} + 1 \right) - 8 \text{ W/MHz}$$

F_1 : separación de frecuencias entre el comienzo del dominio fuera de banda y el comienzo de la banda pasiva expresada como porcentaje de la anchura de banda necesaria

F_2 : separación de frecuencias entre el comienzo del dominio fuera de banda y el final de la banda pasiva, o bien el final del dominio fuera de banda, tomando de estos dos valores el que sea menor, expresada como porcentaje de la anchura de banda necesaria.

La potencia fuera de banda que cae dentro de la banda pasiva sería:

$$\begin{aligned} p &= \int_{F_1}^{F_2} 10^{\frac{PSD(F)}{10}} \frac{B_N}{100} dF \\ &= \int_{F_1}^{F_2} \frac{psd_{max_B_N}}{10^{0,8 \left(\frac{F}{50} + 1 \right)}} \frac{B_N}{100} dF \\ &= 10^{-0,8} psd_{max_B_N} \frac{B_N}{100} \int_{F_1}^{F_2} \left(\frac{F}{50} + 1 \right)^4 dF \\ &= \frac{1}{6} 10^{-0,8} psd_{max_B_N} B_N \left[\left(\frac{F}{50} + 1 \right)^{-3} \right]_{F_2}^{F_1} \end{aligned} \quad (22)$$

2.3.1.5 Funciones de atenuación y su posible utilización para determinar las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda pasiva en los sistemas del SMS/SFS

En algunos sistemas específicos del SFS se utilizan las funciones de atenuación de enlace ascendente del SFS, según se indica en las ecuaciones que figuran a continuación:

$$A(f) = 40 \log_{10} \left[\frac{|(f - f_c)|}{(f_c - 50,4)} \right] + 8 \quad \text{para } 50,4 < f_c < 51,4 \text{ GHz}$$

$$A(f) = 40 \log_{10} \left[\frac{|(f - f_c)|}{(f_c - 31)} \right] + 8 \quad \text{para } 30 < f_c < 31 \text{ GHz} \quad (19)$$

$$A(f) = 40 \log_{10} \left[\frac{|(f - f_c)|}{(f_c - 50,2)} \right] + 8 \quad \text{para } 47,2 < f_c < 50,2 \text{ GHz}$$

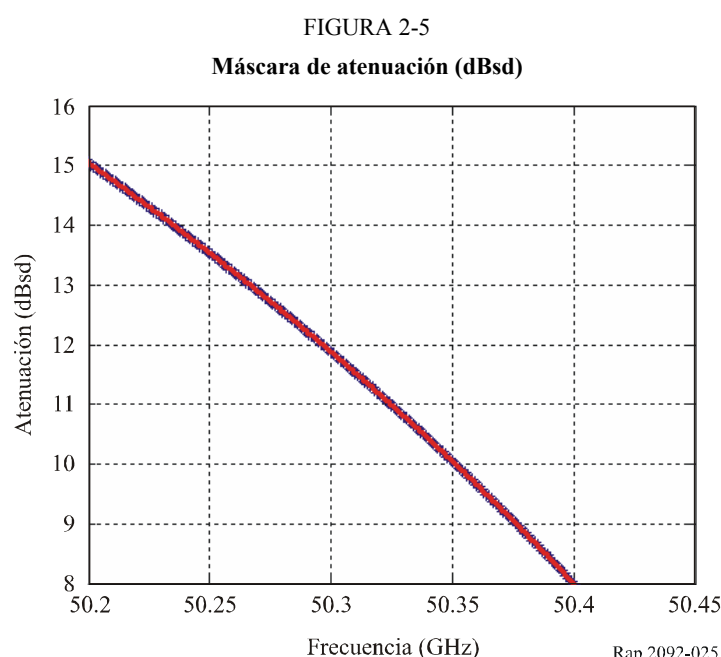
donde f_c es la frecuencia central de las emisiones del SFS más próximas al borde de la banda pasiva.

Partiendo de la suposición de que uno de los bordes del canal del SFS también corresponde a un borde de una banda pasiva, se puede demostrar fácilmente que las ecuaciones anteriores son equivalentes a la ecuación relacionada con la máscara fuera de banda del SFS consignada en la Recomendación UIT-R SM.1541 más 8 dB. Por lo tanto, dentro de su gama de frecuencias de interés, cada una de las anteriores ecuaciones es equivalente a la siguiente:

$$A(F) = 40 \log_{10} \left(\frac{F}{50} + 1 \right) + 8 \quad (20)$$

No obstante, cabe señalar que, dependiendo de la naturaleza de las funciones $A(f)$, es decir funciones de atenuación dBsd (máscara dBsd) o funciones de atenuación del filtro, éstas se utilizan de manera diferente.

2.3.1.5.1 Utilización de las funciones de atenuación como una máscara dBsd (Recomendación UIT-R SM.1541 + 8 dB) (véase la Fig. 2-5)



donde:

B_N : en MHz

psd_{max_BN} (W/MHz): máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria

p_{BN} (W): potencia dentro de la anchura de banda necesaria. Suponiendo que la potencia está distribuida de manera uniforme dentro de B_N , tendremos:

$$p_{BN} = psd_{max_BN} B_N.$$

Entonces la ecuación (22) se podría volver a escribir como sigue:

$$p = \frac{P_{BN}}{6} 10^{-0,8} \left[\left(\frac{F}{50} + 1 \right)^{-3} \right]_{F_2}^{F_1} \quad (23)$$

Expresada en una escala logarítmica, la ecuación (23) se transforma en:

$$P = P_{BN} + 10 \log_{10} \left(\frac{1}{6} \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{F_2}{50} + 1 \right)^3} \right) \right) - 8 \quad (24)$$

Se puede definir un factor (R_2) que representa la diferencia entre la cantidad de potencia dentro de la anchura de banda necesaria B_N y la potencia en la banda pasiva de 200 MHz:

$$\begin{aligned} R_2(\text{dB}) &= P_{BN} - P \\ &= 8 - 10 \log_{10} \left(\frac{1}{6} \left(1 - \frac{1}{\left(\frac{F_2}{50} + 1 \right)^3} \right) \right) \end{aligned} \quad (25)$$

2.3.1.5.2 Utilización de las funciones dadas como una función de atenuación del filtro

Para evaluar los efectos de las emisiones no deseadas en la banda pasiva adyacente, la relación entre la máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria y la función de atenuación antes descrita se integra en la región del espectro de interés, según se indica a continuación:

$$p = \int_{f_1}^{f_2} \frac{s(f)}{a(f)} df \quad (26)$$

$s(f)$: función de densidad espectral de potencia de la señal en la entrada del filtro,
 $a(f)$ representa la función de atenuación del filtro expresada en una escala lineal

f_1 y f_2 : bordes de la banda del SETS (pasiva)¹.

A veces, la función de característica del filtro también puede expresarse, en ocasiones, en términos de su respuesta en frecuencia (transformación de Fourier de la función de transferencia del filtro $h(t)$), a la que por general se refiere como $h(f)$.

¹ En el caso de una máscara fuera de banda (dBsd), f_2 representa ya sea el borde la banda pasiva o el final del dominio fuera de banda, tomando de estos dos valores el que sea menor.

2.3.1.5.3 Relación entre la respuesta en frecuencia, la ganancia del filtro y la función de atenuación del filtro

Suponiendo que $a(f)$ y $g(f)$ representan respectivamente la atenuación del filtro y la función de ganancia del filtro expresadas en una escala lineal, se tiene:

$$a(f) = \frac{1}{g(f)} \quad (27)$$

Además, la ganancia de un filtro está relacionada con la respuesta de frecuencia del filtro, como sigue:

$$\begin{aligned} g(f) &= |h(f)|^2 \\ &= \frac{1}{a(f)} \end{aligned} \quad (28)$$

Sobre la base de la ecuación (27), la ecuación (28) se transforma en:

$$\begin{aligned} p &= \int_{f_1}^{f_2} s(f) g(f) df \\ &= \int_{f_1}^{f_2} s(f) |h(f)|^2 df \end{aligned} \quad (29)$$

siendo:

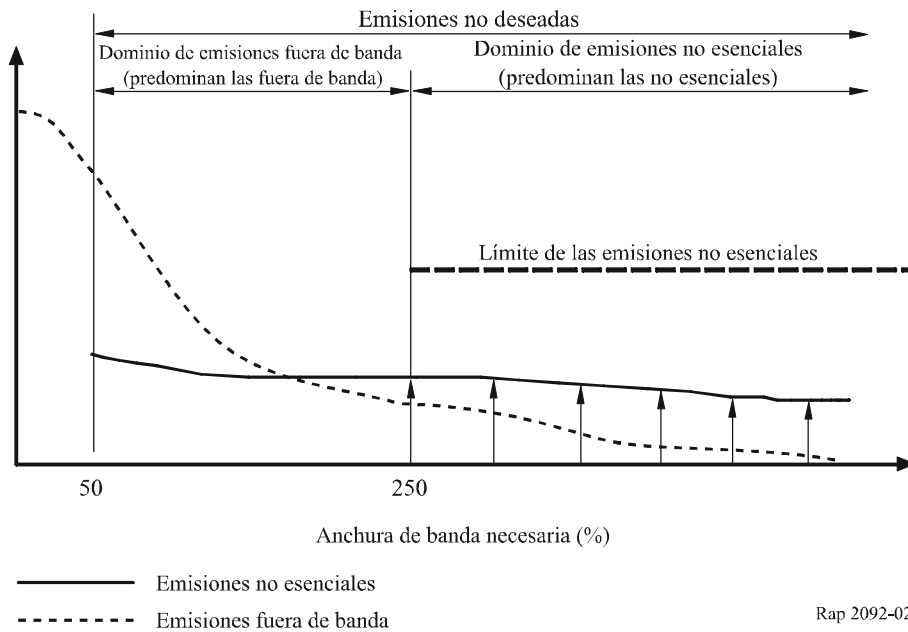
- $s(f)$: la función de densidad espectral de potencia de la señal en la entrada del filtro, $g(f)$ representa la función de ganancia del filtro expresada en una escala lineal
- $h(f)$: transformación de Fourier de la función de transferencia del filtro
- f_1 y f_2 : extremos de la banda SETS (pasivo).

2.3.1.6 Posible mejora del cálculo de la potencia interferente en el caso de emisiones no deseadas de sistemas del SF

2.3.1.6.1 Enfoque general de la potencia que puede caer dentro de las bandas del SETS

En los casos en que el nivel de las emisiones no deseadas procedentes de sistemas del servicio fijo en el extremo del dominio fuera de banda (calculado conforme a la Recomendación UIT-R SM.1541) es significativamente más bajo que el límite dentro del dominio de emisiones no esenciales que figuran en la Recomendación UIT-R SM.329 o en el Apéndice 3 del RR, la evaluación de la potencia interferente que cae en la banda del SETS calculada mediante la utilización de los límites indicados en la Recomendación UIT-R SM.329 o en el Apéndice 3 del RR, llevará a sobreestimar significativamente la potencia que cae en una anchura de banda de referencia amplia (véase la Fig. 2-6).

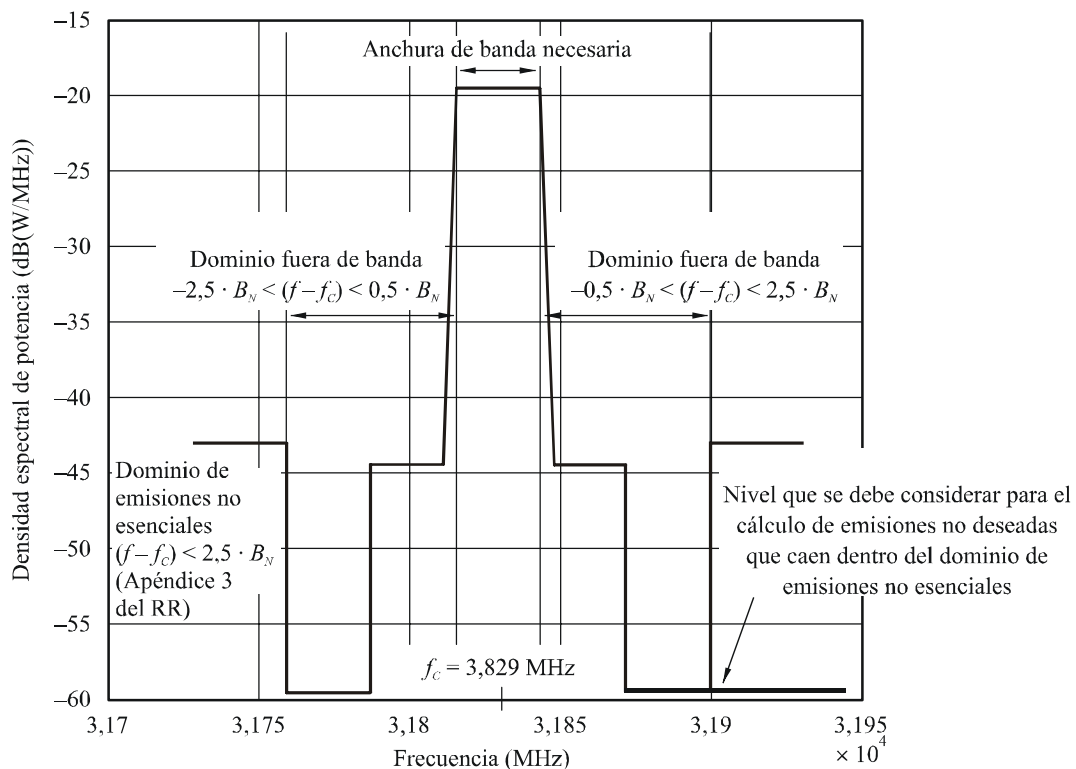
FIGURA 2-6

Emisiones no esenciales reales con respecto al límite de emisiones no esenciales

Rap 2092-026

Por tanto, el cálculo de la potencia interferente debida a las emisiones no deseadas del sistema del SF que caen dentro de anchuras de banda de referencia amplias se puede mejorar mediante la hipótesis de que el nivel de emisiones no esenciales no supera el nivel alcanzado en el extremo del dominio fuera de banda (véase la Fig. 2-7).

FIGURA 2-7

**Máscara de emisión no deseada para un sistema AMDF
(-5 dB(W/28 MHz)/ $f_c = 31\,829\text{ MHz}$)**Máscara de emisión no deseada para un sistema AMDF (-5 dB(W/28 MHz)/ $f_c = 31\,829\text{ MHz}$)

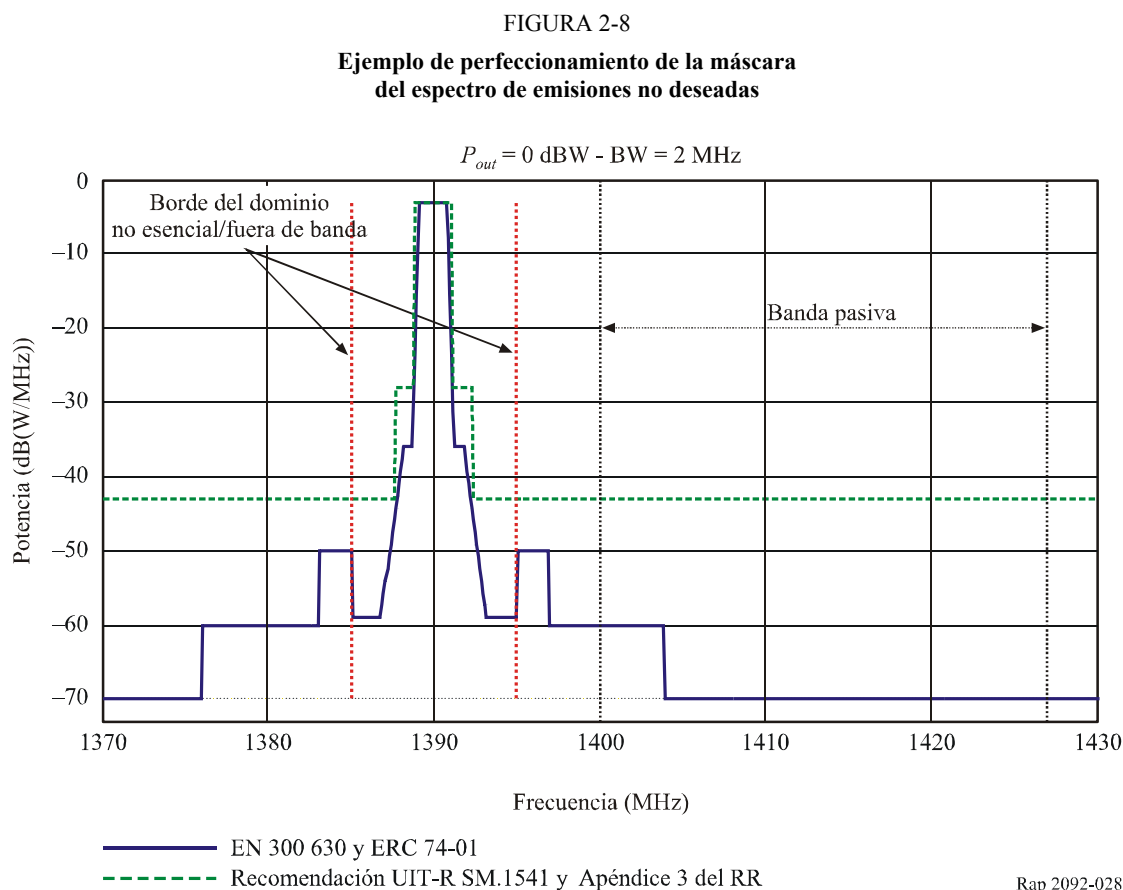
Rap 2092-027

2.3.1.6.2 Posible perfeccionamiento para la banda 1 400-1 427 MHz

Alternativamente, también se podrían aplicar algunas normas nacionales o regionales para mejorar la estimación del espectro de emisiones no deseadas, dependiendo de la hipótesis en la que se basa el estudio de compatibilidad.

Por ejemplo en la Recomendación ECC 02-05 se proporciona orientación sobre el uso de todo el conjunto de las Recomendaciones UIT-R y su relación con la Recomendación ERC 74-01 sobre emisiones no esenciales en los países de la CEPT. Por otro lado, dentro de Europa, los equipos del servicio fijo que funcionan en las bandas de 1 350-1 400 y 1 427-1 452 MHz deben cumplir con algunas normas de ETSI, las cuales son más estrictas que la correspondiente Recomendación del UIT-R o de la CEPT. A esas bandas se le aplican dos normas de ETSI: ETSI EN 300 630 y ETSI EN 301 390.

De un país a otro se utilizan diferentes planes de frecuencias (anchuras de banda y frecuencias centrales de canal). En la Fig. 2-8 se representa un espectro de ese tipo para un enlace del servicio fijo con una potencia de emisión de 0 dBW (es decir, p.i.r.e. menos máxima ganancia de antena), una anchura de canal de 2 MHz y una frecuencia central de 1 390 MHz.



Rap 2092-028

2.3.1.7 Cálculo del espectro de emisiones no deseadas utilizando la atenuación $(\sin x/x)^2$ para los sistemas del SFS/SMS

Otra forma propuesta de utilizar la Recomendación UIT-R SM.1541 para la representación del espectro de emisiones no deseadas en los análisis de compatibilidad consiste en utilizar la representación $\sin^2 x/x^2$ del espectro de señal modulada seguida, por el caso más desfavorable, por un filtrado después de la modulación no significativo o por una representación de las características del filtro después de la modulación, si ha lugar.

Normalmente las portadoras de comunicaciones digitales utilizadas por las redes de satélites emplean un filtrado de coseno alzado antes de la modulación para reducir la interferencia entre símbolos. En algunos casos, el filtrado antes de la modulación es la raíz cuadrada del coseno alzado, a tenor de lo cual el filtrado se divide de manera uniforme entre el transmisor y el receptor. No obstante, en la práctica el filtrado no se divide de manera uniforme entre el transmisor y el receptor, pero por lo general el resultado es el coseno alzado. Así pues, no es posible definir una cantidad de filtrado antes de la modulación que sea representativo de todas las estaciones terrenas. Por otro lado, en las transmisiones desde estaciones terrenas del SFS en aplicaciones comerciales de satélite en las bandas de 6/4, 14/11-12 y 30/20 GHz no se ha utilizado ningún filtrado posterior a la modulación.

La representación $\sin^2 x/x^2$ del espectro de la señal modulada se aplica al caso en el cual no se efectúa filtrado alguno de los impulsos de datos antes de la modulación. Por lo general los sistemas del SFS utilizan filtrado anterior a la modulación en raíz de coseno alzado, lo que podría reducir el nivel de densidad de potencia del espectro de emisiones no esenciales después de la modulación a un nivel inferior al predicho por la representación $\sin^2 x/x^2$, dependiendo de la cantidad de filtrado total que se aplique al transmisor. No obstante, actualmente no se dispone de una representación en forma cerrada de ese espectro de emisiones posteriores a la modulación que pueda utilizarse fuera de la anchura de banda necesaria en lugar de la representación $\sin^2 x/x^2$.

2.3.2 Utilización de técnicas de simulación dinámica para perfeccionar los análisis de interferencia

2.3.2.1 Fundamento

En los casos en los cuales la hipótesis no es estática y el análisis estático del caso más desfavorable tiene como resultado un nivel de interferencia potencial que rebasa los criterios de interferencia del servicio pasivo, será necesario determinar la distribución estadística de los eventos de interferencia. Esto se puede realizar mediante un análisis dinámico que tenga en cuenta el caso en el que las características de la hipótesis varían con el tiempo. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- Paso 1:* En el caso de que la hipótesis varíe con el tiempo, se debe proceder a una simulación dinámica para determinar la distribución estadística de la interferencia. Una simulación dinámica puede mostrar que la interferencia es insignificante, según se define en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 o como se estipula en la Recomendación UIT-R RA.1513. En tal caso no es necesario proseguir los análisis.
- Paso 2:* Si la simulación muestra que la interferencia es apreciable, se debe repetir el proceso suponiendo que se recurre a una posible técnica de reducción de la interferencia para determinar si gracias a dichas técnicas se resuelve el problema. Estas técnicas pueden incluir enfoques tales como el examen de los efectos del filtrado posterior a la modulación o de una frecuencia central del servicio activo diferente, más separada de la banda pasiva. Los cálculos se deben repetir partiendo de diversas suposiciones, hasta que la potencia parcial interferente en el sistema del servicio pasivo sea inferior a la protección requerida, para identificar el grado de reducción de la interferencia que se necesita y evaluar los efectos que tendría dicha reducción en el diseño del servicio activo.

2.3.2.2 Descripción

Se efectúan simulaciones dinámicas aplicando la siguiente metodología.

2.3.2.2.1 Simulación dentro de banda

Cuando se trata de una misma frecuencia, la simulación se efectúa dentro de la banda pasiva utilizando los parámetros de los correspondientes sistemas activos.

La simulación dentro de banda tiene como resultado una distribución acumulativa que permite saber en qué medida se rebasa el umbral de interferencia, a tenor de las correspondientes Recomendaciones del UIT-R. Siendo ΔP el resultado del análisis dinámico, es igual al factor de atenuación fuera de la banda entre la p.i.r.e. de la fuente interferente dentro de la banda activa y la p.i.r.e. que cae en la anchura de banda de referencia B_{ref} utilizada en el marco de los criterios de protección.

2.3.2.2.2 Utilización de los resultados de la simulación dentro de banda para determinar la atenuación resultante de la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1541 o de otras técnicas de reducción de la interferencia con filtrado durante o después de la modulación

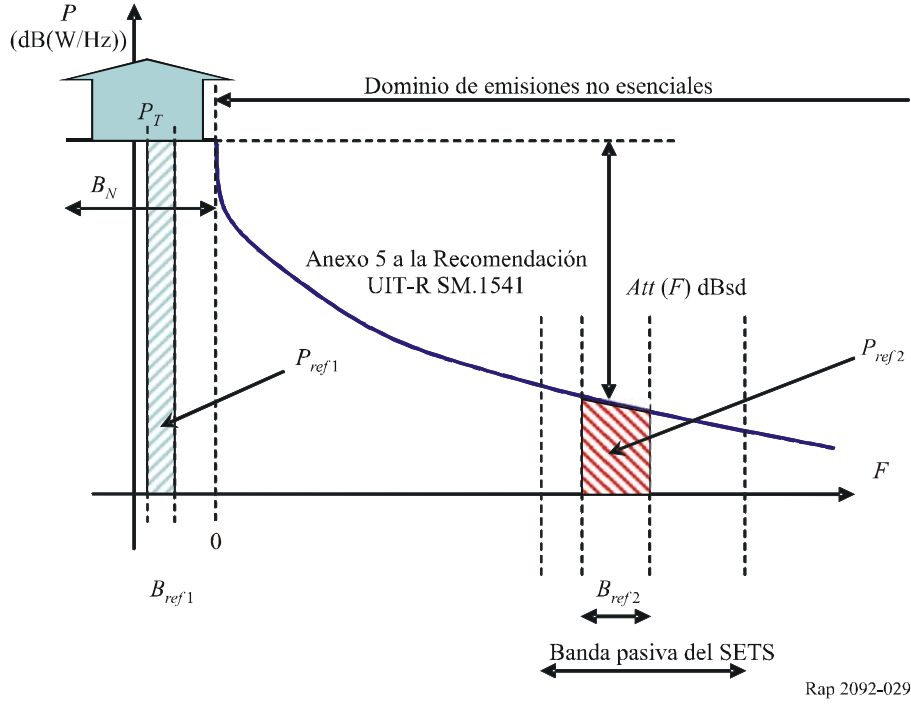
En este punto se verifica si la forma de la máscara de las emisiones no deseadas del servicio activo se adapta correctamente a la atenuación requerida ΔP (dB) determinada en la simulación dentro de banda.

Se utilizan las siguientes definiciones:

- B_{ref1} : anchura de banda de referencia cuando se utiliza la máscara fuera de banda (en el caso de los servicios espaciales por encima de 15 GHz, la anchura de banda es de 1 MHz, y por debajo de 15 GHz es de 4 kHz) estipulada en la Recomendación UIT-R SM.1541;
- P_{ref1} : potencia de la emisión en la anchura de banda de referencia de la máscara fuera de banda (W/B_{ref1});
- B_N : anchura de banda necesaria;
- P_T : potencia en la anchura de banda necesaria (W);
- B_{ref2} : anchura de banda de referencia de los criterios de protección del SETS (en la mayor parte de los casos, 200 MHz);
- P_{ref2} : potencia de la emisión en la anchura de banda de referencia del SETS (W/B_{ref2});
- L : límite propuesto para la anchura de referencia del SETS (W/B_{ref2});
- $Att(F)$: máscara de atenuación fuera de la banda (dBsd) en función de « F », desplazamiento de frecuencia expresado como porcentaje de la anchura de banda necesaria (véase la Recomendación UIT-R SM.1541);
- S : criterios de protección del SETS (W/B_{ref2});
- I : interferencia resultante de la simulación dentro de banda, suponiendo que el servicio activo tiene una potencia de emisión P_T y que la anchura de banda de referencia es igual a B_{ref2} (sistema artificial).

FIGURA 2-9

Ilustración del cálculo de la atenuación utilizando
la Recomendación UIT-R SM.1541



Rap 2092-029

Todos los cálculos que figuran a continuación se presentan en una expresión lineal (no en dB).

Sobre la base de la simulación dentro de banda, se pueden definir los siguientes parámetros:

- la relación entre la interferencia y los criterios de protección del SETS:

$$\Delta P = \frac{I}{S} \quad (30)$$

- el límite propuesto para la anchura de banda de referencia del SETS (también conocido como límite de potencia provisional para la banda del SETS):

$$L = \frac{P_T}{\Delta P} \quad W/B_{ref2} \quad (31)$$

La simulación dentro de banda proporcionará el factor ΔP , que representa el exceso de potencia por encima del umbral que exigen los pertinentes criterios de protección. Por lo tanto, la correspondiente potencia de las emisiones no deseadas dentro de la anchura de banda de referencia del SETS es:

$$L = P_T - \Delta P \quad \text{dBW}/B_{ref2} \quad (32)$$

De otro modo, L puede escribirse como $P_T - I + S$, y no depende de B_N ni de B_{ref2} .

Por último, esta cifra debe compararse con la correspondiente atenuación resultante de una de las dos opciones que se indican detalladamente en el § 2.3.1, y el filtrado adicional (durante la modulación o después de la misma).

También podría ser necesario determinar el valor de la máscara de atenuación prevista dentro de la banda pasiva:

Sobre la base de la Recomendación UIT-R SM.1541, se pueden definir los siguientes parámetros:

- La máxima densidad espectral de potencia dentro de la anchura de banda necesaria B_N (sistema real, en contraposición al sistema artificial utilizado para definir el límite de potencia provisional de la banda del SETS). Suponiendo que la potencia está distribuida uniformemente dentro de la anchura de banda necesaria, se tiene:

$$P_{ref1} = P_T \frac{B_{ref1}}{B_N} \quad W/B_{ref1}$$

- La potencia de la emisión fuera de banda que cae dentro de la banda pasiva, suponiendo una máscara de atenuación dBsd (atenuación en relación con la densidad espectral de potencia máxima dentro de B_N).

$$P_{ref2} = \int_{B_{ref2}} \frac{P_{ref1}}{Att(F) \cdot B_{ref1}} \left(\frac{B_N}{100} \right) dF = \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_N}{100} \int_{B_{ref2}} \frac{1}{Att(F)} dF \quad W/B_{ref2} \quad (33)$$

Suponiendo que los límites del dominio de integración B_{ref2} en términos de desplazamiento de frecuencia (expresada como un porcentaje de la anchura de banda necesaria) a partir del borde de la anchura de banda necesaria son F_1 y F_2 :

$$P_{ref2} = \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_N}{100} \int_{F_1}^{F_2} \frac{1}{Att(F)} dF$$

Suponiendo una atenuación constante (máscara fuera de banda plana) dentro de la anchura de banda de referencia del SETS ($Att(F) = C$):

$$\begin{aligned} P_{ref2} &= \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_N}{100} \int_{F_1}^{F_2} \frac{1}{Att(F)} dF \\ &= \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_N}{100} \int_{F_1}^{F_2} \frac{1}{C} dF \\ &= \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_N}{100} \frac{(F_2 - F_1)}{C} \\ &= \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_{ref2}}{C} \end{aligned} \quad (34)$$

A fin de proteger al sensor pasivo del SETS, se debe cumplir $P_{ref2} \leq L$, lo que significa que:

$$\begin{aligned} \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_{ref2}}{C} &\leq \frac{P_T}{\Delta P} \Leftrightarrow C \geq \Delta P \frac{P_{ref1}}{B_{ref1}} \frac{B_{ref2}}{P_T} \\ &\Leftrightarrow C \geq \Delta P \frac{B_{ref2}}{B_N} \end{aligned}$$

La correspondiente expresión logarítmica es:

$$C \geq \Delta P + 10 \log \left(\frac{B_{ref2}}{B_N} \right) \quad \text{dBsd} \quad (35)$$

Así pues, es necesario considerar el factor de escala de anchura de banda B_{ref2}/B_N para determinar el factor de atenuación necesaria (dBsd) por debajo de la densidad espectral de potencia del servicio activo en la banda activa, especialmente si se utiliza la Recomendación UIT-R SM.1541, según se indicó en los cálculos anteriores.

2.3.3 Perfeccionamientos adicionales

2.3.3.1 Mínima atenuación de la propagación Tierra-espacio debida a gases atmosféricos para su uso en los estudios de compatibilidad entre los servicios pasivos y activos

2.3.3.1.1 Introducción

La atenuación de la propagación en sentido Tierra-espacio entre una estación terrenal y una estación espacial (geoestacionaria o no geoestacionaria) resultante de la absorción debida a los gases atmosféricos, con inclusión de vapor de agua, es un factor importante en los estudios de compatibilidad entre los servicios pasivos y activos. Esta atenuación del trayecto oblicuo depende de la distribución, a lo largo del trayecto, de parámetros meteorológicos tales como la temperatura, la presión y la humedad, y por consiguiente varía en función del emplazamiento geográfico, el mes del año, la altura de una estación terrenal por encima del nivel del mar y el ángulo de elevación del trayecto oblicuo y la frecuencia de funcionamiento. En el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.676 se indica el procedimiento raya por raya para calcular la atenuación del trayecto oblicuo.

Para el cálculo detallado de la atenuación debida a la absorción atmosférica se puede utilizar información local sobre el contenido medio de vapor de agua en el mes más seco y otros parámetros meteorológicos, junto con los modelos atmosféricos consignados en la Recomendación UIT-R P.835. Cuando no se dispone de esta información, los siguientes resultados proporcionan un método sencillo para estimar la atenuación atmosférica.

En las fórmulas que figuran a continuación se consideran cada una de las bandas de frecuencia de interés que están atribuidas a los servicios pasivos y éstas se presentan para cinco zonas geográficas representativas del mundo (hemisferios septentrional y meridional).

2.3.3.1.2 Estimación de la atenuación del trayecto Tierra-espacio

A los fines de una estimación simplificada, una estación en la superficie de la Tierra se identifica como que pertenece a una de las tres zonas climáticas que dependen sólo de la latitud (valor absoluto) de la estación:

- latitudes bajas a menos de 22,5° del Ecuador;
- latitudes medias a más de 22,5°, pero a menos de 45° del Ecuador;
- latitudes altas, a 45° o más del Ecuador.

El Cuadro 2-1 indica los parámetros climáticos de cada una de esas zonas. Se puede observar que la densidad de vapor de agua a nivel del mar para la zona de baja latitud es inferior que el indicado en la Recomendación UIT-R P.835 que corresponde a la estación seca. Los valores de atenuación para esas zonas han sido determinados en función del ángulo de elevación del trayecto de transmisión (o recepción) real de la estación sobre la superficie de la Tierra a la posición de una estación espacial (OSG o no OSG). Las fórmulas numéricas para la atenuación atmosférica, que se aproximan a los valores teóricos, vienen dadas en los puntos siguientes. Habida cuenta de las siguientes anotaciones y aplicando el procedimiento para calcular la atenuación del trayecto oblicuo, la pérdida de absorción atmosférica total (dB) para los valores de baja altitud $A_L(h, \theta)^2$, de latitud media $A_M(h, \theta)$

² h y θ : altitud por encima del nivel del mar de la estación en la superficie de la Tierra (km) y ángulo de elevación (en grados) respectivamente.

y de elevada altitud $A_H(h, \theta)$ está dada, para las diferentes bandas de frecuencias de interés, por la siguiente fórmula:

$A_L(h, \theta)$, $A_M(h, \theta)$, $A_H(h, \theta)$: pérdida de absorción atmosférica total (dB) para zonas de latitud baja, latitud media y latitud alta, respectivamente;
 h y θ : altitud sobre el nivel del mar de la estación en la superficie de la Tierra (km) y ángulo de elevación (grados), respectivamente.

CUADRO 2-1

Parámetros a nivel del mar para las zonas climáticas

Zona climática	Temperatura (K)	Presión atmosférica (hPa)	Densidad de vapor de agua (g/m ³)
Latitud baja	300,4	1 012,0	10,0
Latitud media	272,7	1 018,9	3,5
Latitud alta	257,4	1 010,8	1,23

El método de raya por raya que figura en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.676 se utilizó para fines de integración. Los perfiles de altitud de la temperatura, presión y densidad de vapor de agua como se define en la Recomendación UIT-R P.835 se han utilizado para calcular las pérdidas. Como la anchura de banda de cada banda de frecuencia atribuida a los servicios pasivos es relativamente estrecha, el centro de la banda se utilizó como frecuencia representativa, suponiendo que la atenuación es casi constante sobre cada banda. Se llevó a cabo una aproximación para $0 \leq h \leq 3$ km y $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$. Algunas de las fórmulas enumeradas aparecen en las Recomendaciones UIT-R SF.1395 y UIT-R F.1404, pero se incluyen en este documento por razones de integridad.

Si el trayecto de la interferencia vincula a dos estaciones espaciales, la atenuación de la absorción atmosférica se debe considerar como 0 dB.

Banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz

$$A_L(h, \theta) = 1,59 / [1 + 0,6294 \theta + h (0,2258 + 0,1220 \theta)] \quad (36)$$

$$A_M(h, \theta) = 1,89 / [1 + 0,6813 \theta + h (0,2828 + 0,1580 \theta)] \quad (37)$$

$$A_H(h, \theta) = 2,09 / [1 + 0,7106 \theta + h (0,3057 + 0,1718 \theta)] \quad (38)$$

Banda de frecuencias 1 610,6-1 613,8 MHz

$$A_L(h, \theta) = 1,63 / [1 + 0,6348 \theta + h (0,2323 + 0,1250 \theta)] \quad (39)$$

$$A_M(h, \theta) = 1,95 / [1 + 0,6870 \theta + h (0,2908 + 0,1621 \theta)] \quad (40)$$

$$A_H(h, \theta) = 2,16 / [1 + 0,7172 \theta + h (0,3148 + 0,1767 \theta)] \quad (41)$$

Banda de frecuencias 2 690-2 700 MHz

$$A_L(h, \theta) = 1,78 / [1 + 0,6527 \theta + h (0,2552 + 0,1355 \theta)] \quad (42)$$

$$A_M(h, \theta) = 2,11 / [1 + 0,7022 \theta + h (0,3123 + 0,1730 \theta)] \quad (43)$$

$$A_H(h, \theta) = 2,33 / [1 + 0,7331 \theta + h (0,3371 + 0,1881 \theta)] \quad (44)$$

Banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz

$$A_L(h, \theta) = 3,38 / [1 + 0,8346 \theta + h (0,2690 + 0,2738 \theta) + 0,09948 h^2] \quad (45)$$

$$A_M(h, \theta) = 3,00 / [1 + 0,7507 \theta + h (0,3983 + 0,2147 \theta)] \quad (46)$$

$$A_H(h, \theta) = 2,97 / [1 + 0,7476 \theta + h (0,3734 + 0,2072 \theta)] \quad (47)$$

Banda de frecuencias 21,2-21,4 GHz

$$A_L(h, \theta) = 39,24 / [1 + 0,8450 \theta + 0,06450 \theta^2 - 0,002107 \theta^3 + 0,1657 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,2902 + 0,3773 \theta) + h^2 (0,09362 + 0,1667 \theta) + 0,03977 h^3] \quad (48)$$

$$A_M(h, \theta) = 17,15 / [1 + 0,8101 \theta + 0,02691 \theta^2 + h (0,2374 + 0,2727 \theta) + h^2 (0,1157 + 0,08487 \theta)] \quad (49)$$

$$A_H(h, \theta) = 9,87 / [1 + 0,6239 \theta + 0,04358 \theta^2 + h (0,07017 + 0,3633 \theta) + 0,1166 h^2] \quad (50)$$

Banda de frecuencias 22,21-22,5 GHz

$$A_L(h, \theta) = 47,63 / [1 + 0,7826 \theta + 0,1060 \theta^2 - 0,009088 \theta^3 + 0,0002975 \theta^4 - 0,3991 \times 10^{-5} \theta^5 + 0,1853 \times 10^{-7} \theta^6 + h (0,2959 + 0,3016 \theta) + h^2 (0,06740 + 0,1773 \theta) + 0,03795 h^3] \quad (51)$$

$$A_M(h, \theta) = 20,26 / [1 + 0,7215 \theta + 0,05983 \theta^2 - 0,001961 \theta^3 + 0,1555 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,2047 + 0,2338 \theta) + h^2 (0,1088 + 0,08897 \theta)] \quad (52)$$

$$A_H(h, \theta) = 11,48 / [1 + 0,6065 \theta + 0,04355 \theta^2 + h (0,05653 + 0,3470 \theta) + 0,1096 h^2] \quad (53)$$

Banda de frecuencias 23,6-24,0 GHz

$$A_L(h, \theta) = 41,78 / [1 + 0,8705 \theta + 0,06699 \theta^2 - 0,002203 \theta^3 + 0,1743 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,3132 + 0,4079 \theta) + h^2 (0,09824 + 0,1906 \theta) + 0,04830 h^3] \quad (54)$$

$$A_M(h, \theta) = 18,42 / [1 + 0,8311 \theta + 0,02870 \theta^2 + h (0,2517 + 0,2995 \theta) + h^2 (0,1330 + 0,09409 \theta)] \quad (55)$$

$$A_H(h, \theta) = 10,73 / [1 + 0,6427 \theta + 0,04402 \theta^2 + h (0,08210 + 0,3840 \theta) + 0,1273 h^2] \quad (56)$$

Banda de frecuencias 31,3-31,5 GHz

$$A_L(h, \theta) = 19,52 / [1 + 0,9294 \theta + 0,02495 \theta^2 + h (0,3409 + 0,4368 \theta) + h^2 (0,1938 + 0,07732 \theta)] \quad (57)$$

$$A_M(h, \theta) = 11,89 / [1 + 0,8124 \theta + 0,01982 \theta^2 + h (0,2738 + 0,3876 \theta) + 0,1181 h^2] \quad (58)$$

$$A_H(h, \theta) = 9,70 / [1 + 0,8149 \theta + h (0,2388 + 0,2699 \theta) + 0,08830 h^2] \quad (59)$$

Banda de frecuencias 42,5-43,5 GHz

$$A_L(h, \theta) = 33,54 / [1 + 0,7690 \theta + 0,04472 \theta^2 - 0,001416 \theta^3 + 0,1072 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,2675 + 0,3897 \theta) + 0,1253 h^2] \quad (60)$$

$$A_M(h, \theta) = 26,58 / [1 + 0,6859 \theta + 0,04579 \theta^2 - 0,001451 \theta^3 + 0,1108 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,2418 + 0,3068 \theta) + 0,07381 h^2] \quad (61)$$

$$A_H(h, \theta) = 25,01 / [1 + 0,6552 \theta + 0,04585 \theta^2 - 0,001450 \theta^3 + 0,1109 \times 10^{-4} \theta^4 + h (0,2219 + 0,2734 \theta) + 0,06186 h^2] \quad (62)$$

Banda de frecuencias 50,2-50,4 GHz

$$A_L(h, \theta) = 91,86 / [1 + 0,65929 \theta + 0,055368 \theta^2 - 0,0039239 \theta^3 + 0,00011109 \theta^4 - 0,13407 \times 10^{-5} \theta^5 + 0,57041 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,24505 + 0,18790 \theta + 0,0016855 \theta^2) + h^2(0,055349 + 0,026631 \theta)] \quad (63)$$

$$A_M(h, \theta) = 90,25 / [1 + 0,64981 \theta + 0,059840 \theta^2 - 0,0043911 \theta^3 + 0,00012737 \theta^4 - 0,15609 \times 10^{-5} \theta^5 + 0,67150 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,23568 + 0,17708 \theta + 0,0022801 \theta^2) + h^2(0,052633 + 0,033709 \theta)] \quad (64)$$

$$A_H(h, \theta) = 93,17 / [1 + 0,65343 \theta + 0,061286 \theta^2 - 0,0045343 \theta^3 + 0,00013177 \theta^4 - 0,16120 \times 10^{-5} \theta^5 + 0,69120 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,24860 + 0,16341 \theta + 0,0027123 \theta^2) + h^2(0,047282 + 0,035113 \theta)] \quad (65)$$

Banda de frecuencias 52,6-52,8 GHz

$$A_L(h, \theta) = 243,6 / [1 + 0,61184 \theta + 0,035912 \theta^2 - 0,0018265 \theta^3 + 0,40052 \times 10^{-4} \theta^4 - 0,41231 \times 10^{-6} \theta^5 + 0,15890 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,16591 + 0,16486 \theta + 0,0016442 \theta^2 - 0,26154 \times 10^{-4} \theta^3) + h^2(0,045789 + 0,022061 \theta)] \quad (66)$$

$$A_M(h, \theta) = 243,8 / [1 + 0,63597 \theta + 0,037426 \theta^2 - 0,0019080 \theta^3 + 0,41762 \times 10^{-4} \theta^4 - 0,42823 \times 10^{-6} \theta^5 + 0,16431 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,17376 + 0,18234 \theta + 0,0018276 \theta^2 - 0,29487 \times 10^{-4} \theta^3) + h^2(0,053692 + 0,028670 \theta)] \quad (67)$$

$$A_H(h, \theta) = 249,9 / [1 + 0,64303 \theta + 0,038850 \theta^2 - 0,0019901 \theta^3 + 0,43669 \times 10^{-4} \theta^4 - 0,44802 \times 10^{-6} \theta^5 + 0,17189 \times 10^{-8} \theta^6 + h(0,18620 + 0,18810 \theta + 0,0019179 \theta^2 - 0,31541 \times 10^{-4} \theta^3) + h^2(0,052809 + 0,030444 \theta)] \quad (68)$$

NOTA 1 – Si la atenuación de la propagación se calcula e incluye efectivamente en cada análisis de compatibilidad cuando no fue considerada la atenuación de propagación, es posible que los resultados del análisis de compatibilidad varíen ligeramente. Los cálculos de la atenuación de la propagación en el sentido Tierra-espacio no son, por supuesto, necesarios entre dos estaciones terrenas y entre dos estaciones espaciales, pero sí necesarios entre estaciones terrenas y espaciales. En este último caso, el efecto de la atenuación es ligeramente menor para ángulos de elevación altos, pero el efecto es relativamente grande para ángulos de elevación bajos. Para este último será necesario efectuar ulteriores estudios.

2.3.3.2 Nota sobre el coeficiente de reflexión

Un tipo de potencia interferente producida en las bandas pasivas del SETS se debe a emisiones no deseadas de enlaces descendentes del SFS que se reflejan hacia arriba desde la superficie de la Tierra en dirección a un sensor cercano del SETS. En las frecuencias alrededor de 10-20 GHz, esta energía reflejada tiene una componente significativa que varía con el tiempo. Este modo de reflexiones contribuye a la interferencia de caso más desfavorable previsto. También se dan otros modos de reflexión que se producirían con mayor frecuencia pero con un nivel inferior. En la Recomendación UIT-R RS.1449 se describe un modelo de coeficiente de reflexión que podría utilizarse como base para elaborar un modelo de coeficiente de reflexión aplicable a esos estudios. El UIT-R tiene previsto realizar estudios adicionales para establecer un modelo biestático de dispersión de microondas a fin de evaluar la interferencia usando este enfoque.

2.3.3.3 Método paramétrico general

Este método paramétrico general puede considerarse como una directriz general que se puede utilizar en algunos casos concretos:

- la información disponible actualmente sobre el sistema o los sistemas activos en cuestión es nula o escasa;

- en algunos casos, características generalizadas de sistemas existentes o planificados de servicios espaciales, que difícilmente pueden tenerse todas en cuenta en el análisis.

2.3.3.3.1 Motivos

La idea es considerar la p.i.r.e. y la anchura de banda necesaria B_n de los sistemas del servicio espacial activo como parámetros variables. El objetivo es determinar una amplia gama de configuraciones posibles que cumplan los criterios de protección del sensor pasivo (umbral de interferencia y criterios de disponibilidad). Para un determinado sistema espacial activo, una «configuración» se caracterizaría esencialmente por un conjunto de tres parámetros: la máxima p.i.r.e., la anchura de banda necesaria B_n y el desplazamiento de frecuencia. También puede ajustarse la ganancia de antena porque en muchos casos se considera la potencia transmitida y el diagrama de ganancia de la antena.

2.3.3.3.2 Descripción

2.3.3.3.2.1 *La primera etapa consiste en definir un modelo típico del sistema activo examinado.* Además de la configuración general se definirán los parámetros siguientes:

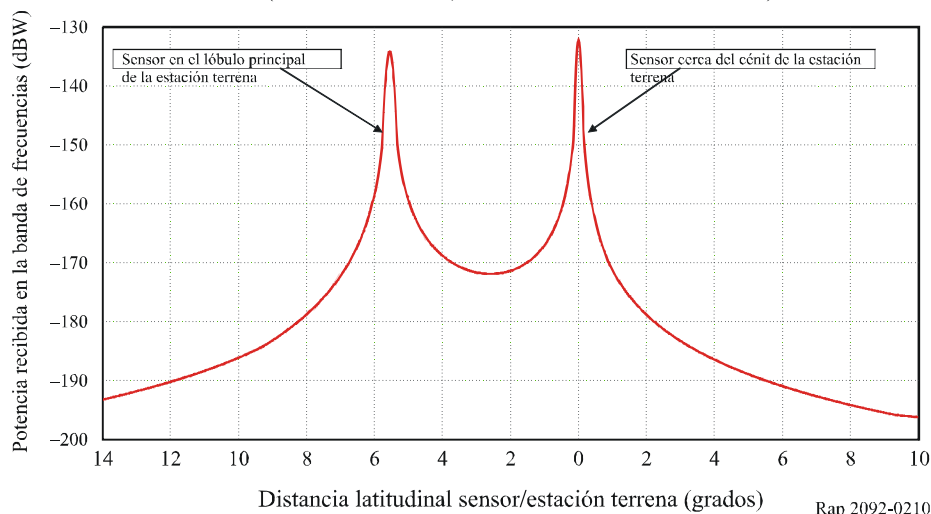
- altitud orbital como parámetro variable en el caso de sistemas en los que intervienen transmisores a bordo de vehículos espaciales (por ejemplo, sistemas del SES);
- ganancia de antena, que puede requerir ajustes dependiendo de la altitud orbital considerada;
- gama de anchuras de banda necesarias (B_n) compatibles con la banda atribuida al servicio activo. Una gama realista cubriría, por ejemplo, entre el 5% y el 50%, o más en caso necesario, de la atribución de frecuencias al servicio espacial activo en cuestión.

2.3.3.3.2.2 *La segunda etapa consiste en determinar la máxima p.i.r.e. compatible con los criterios de protección del sensor pasivo (umbral de interferencia y criterios de disponibilidad).* Esto se lleva a cabo suponiendo que el sensor pasivo y el servicio activo comparten la misma banda de frecuencias (caso cofrecuencia). La segunda etapa comprende los siguientes procesos:

- Analizar la geometría «interferente-víctima» (*análisis semiestático*) a fin de identificar la configuración o configuraciones potencialmente críticas en las cuales el sensor pasivo podría sufrir interferencia. En primer lugar la p.i.r.e. se define arbitrariamente. Los parámetros considerados en este análisis son esencialmente la orientación respectiva de las antenas «interferente-víctima», la distancia entre ellas y la absorción atmosférica. El análisis semiestático permite que un parámetro geométrico representativo varíe constantemente en torno a las posibles configuraciones de la interferencia potenciales a fin de tener una idea precisa de la situación. Los resultados se representan en un gráfico que muestra crestas de interferencia potencial dependiendo de la posición relativa del sensor pasivo y de la fuente interferente. En la Fig. 2-10 se da el ejemplo de un sistema del SFS(↑). La configuración de caso más desfavorable se produce cuando la dirección de puntería de la antena de estación terrena del SFS está contenida en el plano orbital del satélite de exploración de la Tierra. Suponiendo un ángulo de elevación fijo de la antena de estación terrena (caso de un SFS en OSG), el nivel de interferencia se calcula en función de la distancia angular (geocéntrica) entre la estación terrena y el punto subsatelital del satélite de exploración de la Tierra. Aparecen dos crestas de interferencia cuando el satélite cruza el haz principal de la antena de estación terrena, y cuando el satélite está en el cénit de la estación terrena. Se ha de tener en cuenta que la anchura de las crestas da una primera estimación de la duración de la interferencia y de la posible pérdida de cobertura. Podría ser conveniente aumentar la ganancia de la antena del servicio activo para disminuir la anchura y duración de las crestas de interferencia.

FIGURA 2-10

**Potencia recibida en la banda atribuida por un sensor pasivo
de una estación terrena del SFS/SMS**
(Caso cofrecuencia, estación terrena a 35° de latitud)



Rap 2092-0210

- Evaluar la probabilidad de que se produzcan las configuraciones potencialmente críticas en lo que respecta a los criterios de disponibilidad del sensor pasivo (*análisis dinámico*), y ajustar el nivel de la p.i.r.e. en un proceso iterativo, de modo que se cumplan los criterios de protección del sensor pasivo. Este análisis dinámico requiere información adicional con respecto al modelo de instalación del servicio espacial activo. El objetivo de este proceso estadístico es evitar imponer limitaciones indebidas al servicio activo. Se pueden excluir las situaciones en las cuales se rebasa el umbral de interferencia pero que, globalmente (por ejemplo en un ciclo orbital del sensor pasivo), cumplen los criterios de disponibilidad del sensor pasivo. El resultado es la máxima p.i.r.e. compatible con los criterios de protección del sensor pasivo en una hipótesis cofrecuencia.

2.3.3.3.2.3 La tercera etapa consiste en determinar el rechazo fuera de banda que puede obtenerse utilizando máscaras, dependiendo de B_n y del desplazamiento de frecuencia con respecto al borde de B_n . Para valores variables de B_n seleccionados en la gama definida anteriormente, el rechazo se calcula mediante los diversos métodos explicados en el § 2.3.1.

2.3.3.3.2.4 La cuarta etapa consiste en determinar la máxima p.i.r.e. compatible con los criterios de protección del sensor pasivo en una utilización real del espectro, dependiendo de B_n y del desplazamiento de frecuencia con respecto al borde de B_n .

- Aumentando la máxima p.i.r.e. en el caso cofrecuencia determinado en la segunda etapa por el rechazo proporcionado por la máscara de dominio fuera de banda calculada en la tercera etapa se obtiene, para cada valor de B_n seleccionado, la máxima p.i.r.e. que cumple los criterios de protección y disponibilidad del sensor pasivo, para varios valores del desplazamiento de frecuencia.
- Los resultados finales se representan en un gráfico único (un gráfico para cada máscara de rechazo) que establece la correspondencia entre la p.i.r.e. y el desplazamiento de frecuencia, para diversos valores de B_n , de modo que se cumplan los requisitos de protección del sensor pasivo.

Este procedimiento permite proponer en un vistazo numerosas configuraciones posibles que cumplen los criterios de protección del sensor pasivo. El dominio de «soluciones posibles» está limitado pues:

- por el máximo valor de B_n compatible con la banda de frecuencia atribuida al servicio activo en cuestión;
- por el máximo valor del desplazamiento de frecuencia compatible con una utilización eficaz de las bandas de frecuencias atribuidas (por determinar, por ejemplo no más de un pequeño porcentaje de las bandas de frecuencias activas y pasivas atribuidas).

3 **Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y sistemas del servicio de radiolocalización que funcionan en la banda 1 350-1 400 MHz.**

3.1 **SETS (pasivo)**

3.1.1 **Banda atribuida**

Este punto presenta un estudio banda por banda entre el servicio de radiolocalización que tiene atribuida la banda 1 350-1 400 MHz, es adyacente a la banda pasiva 1 400-1 427 MHz atribuida al servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo). Cabe señalar que según el número 5.340 del RR, todas las emisiones están prohibidas en la banda 1 400-1 427 MHz. Las atribuciones se indican en el Cuadro 3-1.

CUADRO 3-1

Atribuciones en bandas adyacentes

Atribución	Servicios con atribuciones en la banda inferior	Banda pasiva	Servicios con atribuciones en la banda superior	
	1 350-1 400 MHz		1 427-1 429 MHz	1 429-1 452 MHz
Región 1	FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN 5.149 5.338 5.339 5.339A	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATELITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	OPERACIONES ESPACIALES (Tierra-espacio) FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5339A 5.341 5.342
Regiones 2+3	RADIOLOCALIZACIÓN 5.149 5.338 5.339 5.339A	5.340 5.341	5.341	FIJO MÓVIL 5.343 5.339A 5.341

3.1.2 **Aplicación**

Las frecuencias próximas a 1 400 MHz son ideales para medir la humedad del suelo y también para la medición de la salinidad de la superficie del mar y la biomasa vegetal. La humedad del suelo es una variable esencial en el ciclo hidrológico, ya que influye notablemente en la evaporación, la infiltración y el escurrimiento. En las zonas pantanosas, la humedad del suelo determina la absorción del agua por la vegetación. La salinidad de la superficie del mar influye en la circulación termohalina profunda y el transporte de calor meridional. Las variaciones de la salinidad influyen en la dinámica de la superficie cercana de los océanos tropicales. Por ahora no se puede medir la humedad del suelo ni la salinidad de la superficie del mar directamente a escala mundial, por lo que es esencial proteger esta banda pasiva.

3.1.3 **Criterios de protección requeridos**

En la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se especifican los criterios de interferencia requeridos para proteger la teledetección pasiva por satélite. Para la banda 1 400-1 427 MHz, en el *recomienda 2* y

el Cuadro 1 se especifica un nivel de interferencia admisible de -174 dBW en una anchura de banda de referencia de 27 MHz. En el *recomienda* 3 y el Cuadro 1 se especifica que este nivel de interferencia no debe rebasarse en más del 0,1% de la zona de observación del sensor o de la zona de medición definida como un cuadrado de 10 000 000 km² en la superficie de la Tierra, a menos que se justifique otro valor.

3.1.4 Características de funcionamiento

En este análisis se estudiaron tres misiones de sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz, a saber, SMOS, HYDROS y Aquarius. El SMOS utiliza una técnica de interferómetro para combinar haces elementales en un haz estrecho a fin de efectuar mediciones de la humedad del suelo. El HYDROS utiliza un sensor de exploración cónica para recoger datos sobre la humedad del suelo³. El Aquarius utiliza un sensor de barrido transversal que recopilará mediciones para observar la salinidad en la superficie del mar y modelizar la influencia de su variación en los cambios climáticos y el ciclo mundial del agua. En el Cuadro 3-2 se indican las características y los parámetros de esos sensores pasivos y en las Figs. 3-1, 3-2 y 3-3 se representan los diagramas de antena de sensor pasivo para esos sensores.

CUADRO 3-2
Características del SETS

Parámetro	SMOS	HYDROS	Aquarius
Máxima ganancia de antena del SETS (dBi)	9	35	30,7
Altitud del SETS (km)	757	670	657
Apertura de antena a -3 dB del SETS (grados)	71,6	2,6	5,3
Dirección de puntería del SETS (grados)	32 con respecto al nadir (fijo)	40 con respecto al nadir (rotación 6 r.p.m.)	26,5; 33,8; 39,9 con respecto al nadir (fijo)
Anchura de barrido (km)	620	1 000	340

La ganancia de un solo elemento del sistema de antenas SMOS puede expresarse como:

$$G = 9 - 0,0027, \theta^2 \quad \text{para } |\theta| < 120^\circ \quad (69)$$

$$G = -30 \quad \text{para } |\theta| > 120^\circ$$

siendo θ el ángulo con respecto al eje de puntería (grados).

³ Estados Unidos ha aplazado la implementación del HYDROS, y se está preparando un Informe de misión final.

FIGURA 3-1

Diagrama de antena de SMOS

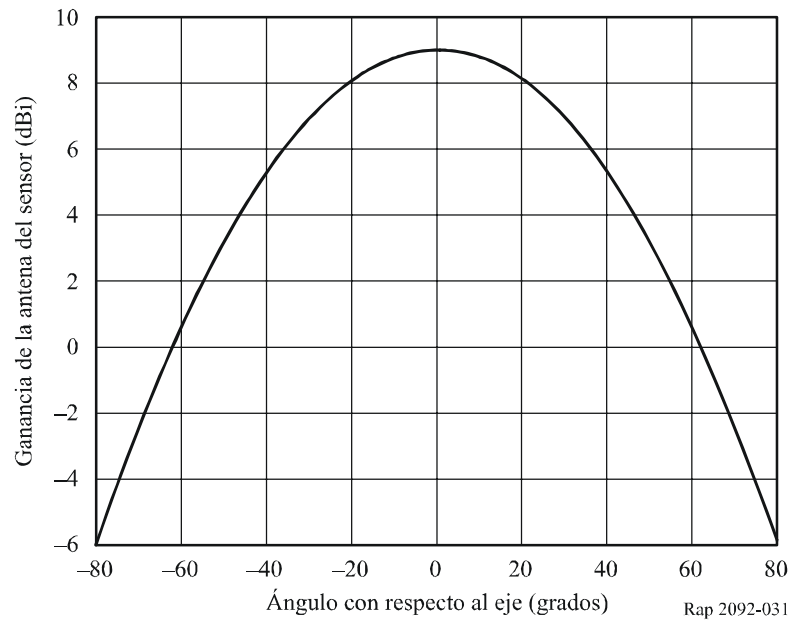
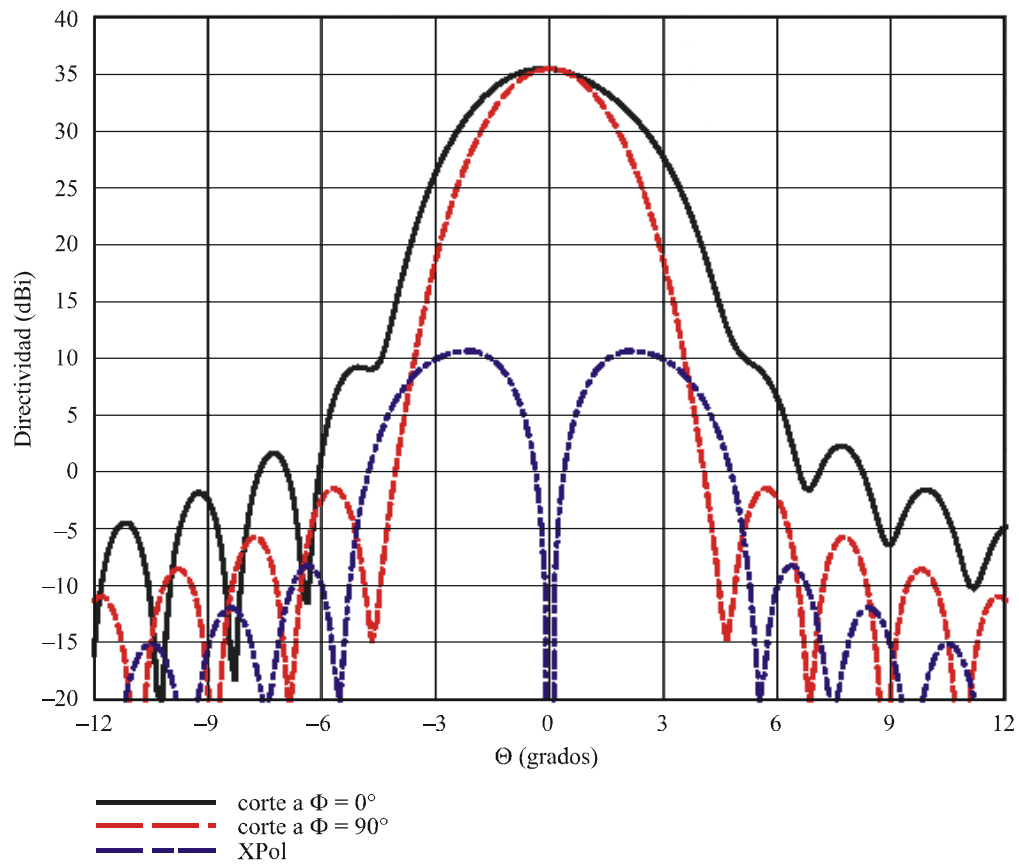


FIGURA 3-2

Diagrama de antena de HYDROS

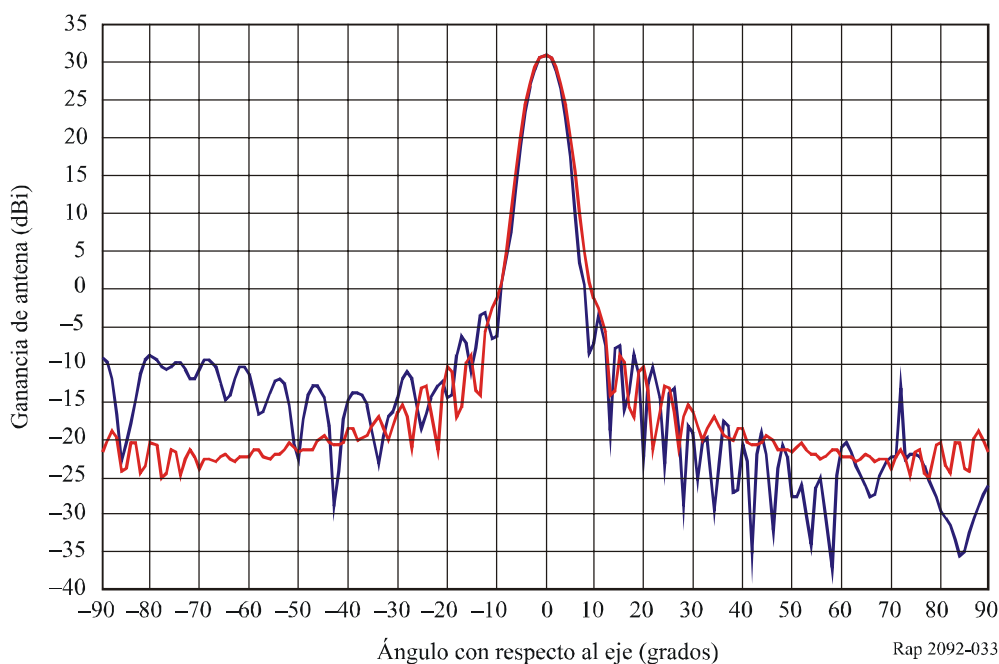


$F = 1,414 \text{ GHz}$, $R[D = 6, H = 6, F = 3,6] \text{ m}$, $CH[R = 0,25, r = 0,075, s = 0,15]$

Rap 2092-032

FIGURA 3-3

Diagrama de antena de Aquarius



3.2 Servicio de radiolocalización

3.2.1 Banda de transmisión atribuida

La banda del servicio activo es la banda de radiolocalización 1 350-1 400 MHz.

3.2.2 Aplicación

La banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz es ideal para aplicaciones de radiolocalización de largo alcance en una amplia variedad de condiciones atmosféricas adversas y otras condiciones de funcionamiento.

3.2.2.1 Funcionamiento del radar en condiciones ideales

La energía del radar debe propagarse hacia un objetivo, reflejarse y llegar de nuevo a un receptor. Por lo tanto, a diferencia de la mayoría de los sistemas que dependen del espectro, la energía transmitida por el radar experimenta en el mejor de los casos una atenuación por pérdidas en el trayecto R^4 , aun antes de considerar otros factores. Por ejemplo, los objetivos del radar sólo reflejan hacia el receptor una parte de la energía incidente. Con objeto de cumplir las especificaciones de calidad de funcionamiento, se necesitan antenas de gran apertura para recoger y amplificar señales muy débiles, a fin de que el receptor y el procesador de señales las reciban a un nivel que permita cumplir los requisitos de calidad de funcionamiento operacional deseados. Por lo tanto, el radar debe transmitir grandes cantidades de potencia para detectar de manera fiable un objetivo situado a una distancia R determinada.

3.2.2.2 Consideraciones sobre el radar dependientes del espectro

Factores, tales como los bajos niveles de ruido de RF procedentes de fuentes naturales y artificiales, la reducción al mínimo de los efectos parásitos de la meteorología (por ejemplo, niebla, nieve y lluvia), la relativa facilidad de fabricación de transmisores, antenas, receptores y procesadores de señales, etc., hacen que el espectro de frecuencias en la banda 1 350-1 400 MHz y cerca de ella sea ideal para el control de tráfico aéreo y otros radares que deben detectar diversos objetivos a distancia de varios centenares de km. Además, se dispone de suficiente espectro atribuido para un

funcionamiento compatible de grandes instalaciones de radar que requieren, por ejemplo, un funcionamiento bicanal para disminuir el desvanecimiento de los objetivos y aumentar la fiabilidad de detección de pequeños objetivos separando cada canal varias decenas de megahercios.

3.2.3 Niveles basados en la Recomendación UIT-R SM.1541

En el Anexo 8 a la Recomendación UIT-R SM.1541 se especifica una máscara genérica para emisiones no deseadas de radares primarios. Esta máscara se repite a continuación como función segmentada. La variable dependiente F es el desplazamiento de frecuencia con respecto al centro de la banda expresado como porcentaje de la anchura de banda a -40 dB del radar, según se ilustra en la Fig. 3-4.

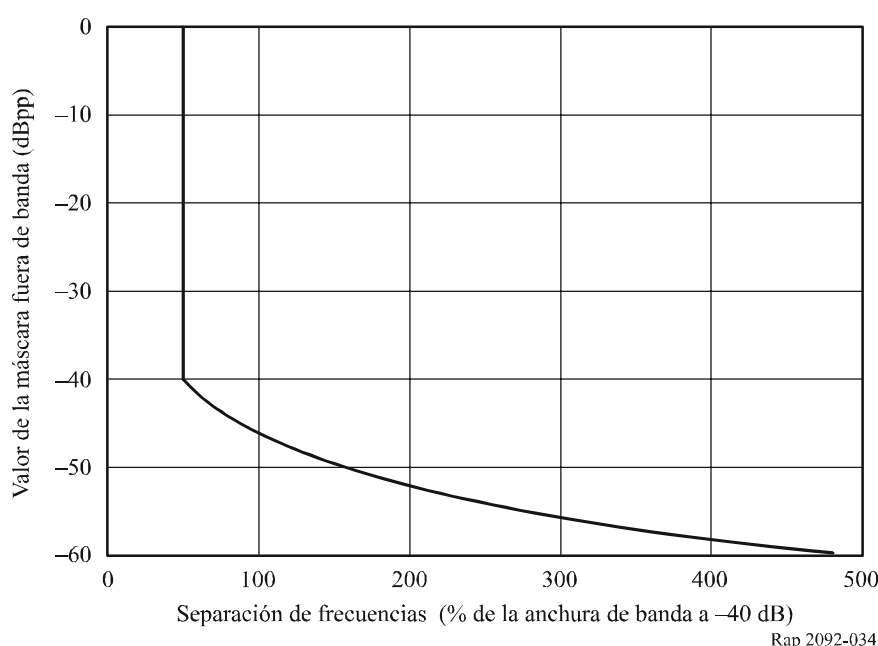
F : desplazamiento de frecuencia con respecto al centro de la banda expresado como porcentaje de la anchura de banda a -40 dB del radar.

dBpp: decibelios relativos al máximo valor de la potencia de cresta, medidos con la anchura de referencia dentro de la anchura de banda ocupada.

La potencia de emisión no deseada en la anchura de banda de referencia se obtiene sustrayendo la atenuación para la potencia de emisión no deseada (dBpp) de la potencia de cresta en banda indicada en la misma anchura de banda de referencia.

FIGURA 3-4

Máscara fuera de banda para radares primarios



3.2.4 Características del transmisor

Las características del transmisor se describen en el Cuadro 3-3, que se ha extraído de la Recomendación UIT R M.1463.

3.2.5 Características de funcionamiento

Las características del radar que se tienen en cuenta en este análisis de compatibilidad se han obtenido de la Recomendación UIT-R M.1463 – Características y criterios de protección para los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz.

Véase el Cuadro 3-3.

3.2.6 Nivel de transmisión en banda

Véase el Cuadro 3-3.

CUADRO 3-3

Características de diversos sistemas de radiodeterminación en la banda 1 215-1 400 MHz*

Ref.	Parámetro	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
(a)	Potencia de cresta entregada a la antena (dBm)	97	80	76,5	80
(b)	Duración del impulso (µs)	2	88,8; 58,8 ⁽¹⁾	0,4; 102,4; 409,6 ⁽²⁾	39 frecuencia única 26 y 13 frecuencia doble ⁽³⁾
(c)	Frecuencia de repetición de impulsos (pps)	310-380 escalonada	291,5 ó 312,5 media	200-272 largo alcance 400-554 corto alcance	774 media
(d)	Anchura de banda para impulsos modulados en frecuencia (comprimidos)	No aplicable	770 kHz para ambas anchuras de impulso	2,5 MHz para 102,4 µs 625 kHz para 409,6 µs	No aplicable
(e)	Anchura de subimpulsos codificados en fase (µs)	No aplicable		1	
(f)	Relación de compresión	No aplicable	68,3:1 y 45,2:1	256:1 para ambos impulsos	
(g)	Anchura de banda de emisión en RF (3 dB) (MHz)	0,5	1,09	2,2; 2,3; 0,58	1
(h)	Dispositivo de salida	Klystron	Transistor		Amplificador de campo transversal
(i)	Tipo de antena	Reflector alimentado por bocina	Reflector de haces superpuestos	Sistema con control de fase giratorio	Cilindro parabólico
(j)	Polarización de la antena	Horizontal, vertical, Polarización circular levógira, Polarización circular dextrógira	Vertical, circular	Horizontal	Vertical
(k)	Máxima ganancia de la antena (dBi)	34,5, transmisión 33,5, recepción	32,4-34,2, transmisión 31,7-38,9, recepción	38,9, transmisión 38,2, recepción	32,5
(l)	Anchura del haz de la antena en elevación (grados)	3,6 conformado a 44	3,63-5,61, transmisión 2,02-8,79, recepción	1,3	4,5 conformado a 40
(m)	Anchura del haz de la antena en acimut (grados)	1,2	1,4	3,2	3,0

CUADRO 3-3 (*Fin*)

Ref.	Parámetro	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
(n)	Características de exploración horizontal de la antena	360° mecánica a 5 r.p.m.	360° mecánica a 6 r.p.m. para largo alcance y 12 r.p.m. para corto alcance	360° mecánica a 6, 12 ó 15 r.p.m.	
(o)	Características de exploración vertical de la antena	No aplicable	-7° a +30° en 12,8 ó 13,7 ms	-1° a +19° en 73,5 ms	No aplicable
(p)	Anchura de banda de FI del receptor	780 kHz	0,69 MHz	4,4 a 6,4 MHz	1,2 MHz
(q)	Factor de ruido del receptor (dB)	2	4,7	3,5	
(r)	Tipo de plataforma	Fija	Transportable		
(s)	Porcentaje de tiempo en que funciona el sistema (%)	100			

* Cuando se revisó este texto también se revisó la Recomendación UIT-R M.1463. Se examinaron las características de 3 sistemas adicionales pero no se prevé que esos sistemas cambien las conclusiones mencionadas en el texto.

⁽¹⁾ El radar tiene 44 pares de canales de RF con uno de los 44 pares seleccionado en modo normal. La onda transmitida consiste de un impulso de 88,8 μ s a la frecuencia f_1 , seguido por un impulso de 58,8 μ s a la frecuencia f_2 . La separación entre f_1 y f_2 es de 82,854 MHz.

⁽²⁾ El radar tiene 20 canales de RF en incrementos de 8,96 MHz. El grupo de ondas transmitidas consiste en un impulso P0 de 0,4 μ s (opcional) seguido por un impulso modulado en frecuencia lineal de 102,4 μ s (si no se transmite el impulso P0 de 0,4 μ s) con una fluctuación de 2,5 MHz que puede ir seguido de uno a cuatro impulsos modulados en frecuencia lineal de 409,6 μ s para largo alcance, modulados cada uno de ellos con una fluctuación de 625 kHz y transmitidos en portadoras diferentes separadas por 3,75 MHz. El modo de funcionamiento normal emplea la versatilidad de frecuencia en la cual se seleccionan frecuencias individuales de cada grupo de ondas de manera pseudoaleatoria entre uno de los 20 posibles canales de RF de la banda 1 215-1 400 MHz.

⁽³⁾ El radar puede funcionar con frecuencia única o doble. Los canales dobles de RF están separados 60 MHz. El modo de canal único utiliza una anchura de impulso de 39 μ s. En el modo canal doble, el impulso de 26 μ s se transmite a una frecuencia f , seguido por el impulso de 13 μ s transmitido a $f + 60$ MHz.

3.3 Umbral de compatibilidad

El umbral de interferencia del servicio pasivo de la Recomendación UIT-R RS.1029 es de -174 dBW en 27 MHz para sensores que funcionan cerca de 1 400 MHz.

La interferencia puede proceder simultáneamente de varias fuentes de múltiples servicios. Los criterios indicados en la Recomendación UIT-R RS.1029 (para una banda específica) son los máximos niveles de interferencia admisible procedente de todas las fuentes para el sensor pasivo.

3.4 Evaluación de la interferencia

3.4.1 Método utilizado para evaluar el nivel de interferencia

El primer paso consiste en analizar el caso de interferencia cocanal, que no es representativo de la realidad, ya que el SETS y la radiolocalización no comparten la misma banda. Por lo tanto, se considera que la atenuación requerida satisface los criterios de protección del SETS (pasivo). El segundo paso consiste en calcular la atenuación cuando la banda del SETS (pasivo) cae justo fuera de la anchura de banda a -40 dB del radar.

CUADRO 3-4

Método de análisis

Análisis	A			B	C
	A1	A2	A3		
	Estático	Semidinámico	Dinámico	Estático	Dinámico
Sistema de radar de referencia	Véase el Cuadro 3-3 (también en RR y la Recomendación UIT-R M.1463)			Véase el Cuadro 3-10	Véase el Cuadro 3-13
Instalación	Única			Única	Instalación real

3.4.2 Cálculo del nivel de interferencia**3.4.2.1 Máscaras de emisiones no deseadas**

En este caso se han utilizado representaciones espectrales basadas en el análisis de Fourier para dar una estimación más precisa de la potencia de emisión no deseada que cae en la banda pasiva. Se compararán los dos métodos (el basado en la Recomendación UIT-R SM.1541 y el basado en el análisis de Fourier). Los datos de medición han demostrado que los espectros teóricos se aproximan mucho a las mediciones reales efectuadas con los mismos parámetros.

Para el Sistema 1 se indican varias referencias en las figuras del Cuadro 3-5, entre el 50% y el 500% de B_{-40} (los otros 50% de B_{-40} están situados en el eje de frecuencia negativo que no se indica aquí) la máscara y los máximos valores del espectro del radar corresponden con los tiempos de subida y bajada del impulso.

Estas cifras muestran claramente la disminución de 20 dB por década, y los máximos valores del espectro del radar corresponden a la máscara entre el 50% y el 500% de B_{-40} .

Como los impulsos perfectamente rectangulares no existen en la práctica, se han de utilizar los tiempos de subida y bajada del impulso de los sistemas de radar para caracterizar el espectro del radar. Unos tiempos de subida y bajada de impulsos más breves producen espectros más anchos y, en consecuencia, dan lugar a una caída más lenta del espectro del radar.

Las máscaras al 50% de la anchura de banda a -40 dB (B_{-40}) corresponden bien a los espectros del radar, pero ambos espectros caen 40 dB por década a partir del 50% de B_{-40} . Al 500% de B_{-40} , la diferencia entre la máscara y los espectros simulados es de unos 20 dB.

El Cuadro 3-5 refleja las anchuras de banda necesarias y a -40 dB para el Sistema 1 (según la Recomendación UIT-R SM.1541) para los tiempos de subida de impulso considerados.

CUADRO 3-5

**Anchura de banda necesaria y anchura de banda a –40 dB para el Sistema 1
con distintos tiempos de subida del impulso**

Sistema 1 (longitud de impulso 2 μ s)			
	$t_r = t_f 0$ (Fig. 3-1)	$t_r = t_f 50$ ns (Fig. 3-2)	$t_r = t_f 100$ ns (Fig. 3-3)
	B_n	3,18 MHz	3,18 MHz
	B_{-40}	32,0 MHz	19,6 MHz

Rap 2092-ta035

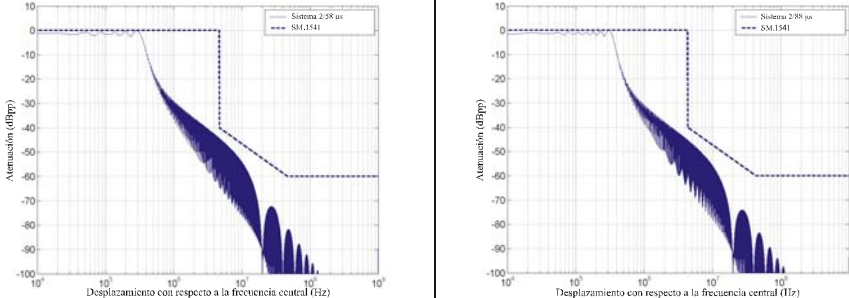
Se han generado también espectros de emisión para el Sistema 2, que aparecen representados en las Figs. del Cuadro 3-6. Como el Sistema 2 es un sistema de radar lineal modulado en frecuencia, esto se tiene en cuenta en la simulación. Se presentan dos casos específicos que muestran el espectro de radar para una longitud de impulso de 58,8 μ s y una longitud de impulso de 88,8 μ s. La anchura de banda del impulso modulado es de 770 kHz para ambas longitudes de impulso.

En ambas Figuras la máscara sobreestima ampliamente el espectro simulado y, al 50% de la anchura de banda a –40 dB, los valores máximos de los espectros de radar no corresponden al mismo punto que la máscara (como ocurrió con los espectros de señal de radar no modulados).

El Cuadro 3-6 refleja la anchura de banda necesaria y la anchura de banda a –40 dB para el Sistema 2 (según la Recomendación UIT-R SM.1541) para las longitudes de impulso consideradas.

CUADRO 3-6

Anchura de banda necesaria y anchura de banda de –40 dB para el Sistema 2

Sistema 2		
	B_n	B_{-40}
	58,8 μs/50 ns	2,58 MHz
	88,8 μs/50 ns	2,39 MHz

Rap 2092-ta036

3.4.2.2 Potencia de emisión no deseada del radar que cae en la banda pasiva

3.4.2.2.1 Análisis A: Utilización de máscaras y espectros calculados

A partir de las máscaras y los espectros desarrollados, la atenuación de la señal de radar se conoce en comparación con la situación en banda. Como también se da la potencia de cresta en la antena, pueden efectuarse estimaciones del volumen de potencia que cae en la banda pasiva de 1 400-1 427 MHz a fin de obtener la potencia de emisión no deseada en el puerto de antena del radar. Ésta puede ser la base de un análisis de compatibilidad.

Se adopta la hipótesis de que el inicio de la banda pasiva (es decir, 1 400 MHz) está situado en la frecuencia desplazada correspondiente al punto de atenuación a -40 dB de la máscara, que es el 50% de B_{-40} .

Para estos dos métodos, es decir la máscara de envolvente de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el método «espectro», se han calculado los niveles de atenuación medios relativos al máximo valor de la potencia de cresta y de la potencia de emisión no deseada total en la banda pasiva de 1 400-1 427 MHz de los Sistemas de Radar 1 y 2. Los resultados para los Sistemas 1 y 2 aparecen, respectivamente, en los Cuadros 3-7 y 3-8. El Sistema 1 se ha diferenciado para tiempos de subida del impulso diferentes (0, 50 y 100 ns), mientras que el Sistema 2 se ha simulado para dos longitudes de impulso diferentes (58,8 y 88,8 μ s).

La potencia en la banda pasiva se determina aplicando las siguientes ecuaciones:

$$P_{pk} - 10 \log(B_{-3dB}) - A_{dBpp} = P - 10 \log(B_{ref})$$

donde:

- P_{pk} : potencia de cresta en la antena (dBm); por ejemplo, véase (a) en el Cuadro 3-3
- B_{-3dB} : anchura de banda de la emisión de RF (MHz); por ejemplo véase (g) en el Cuadro 3-3
- A_{dBpp} : nivel de atenuación medio en la banda pasiva (dBpp)
- P : potencia de emisión no deseada en la banda pasiva
- B_{ref} : banda pasiva (27 MHz).

CUADRO 3-7

Niveles de potencia de emisión no deseada que cae en la banda pasiva para los 2 métodos diferentes

Sistema 1	Atenuación Recomendación UIT-R SM.1541	Potencia en la banda pasiva Recomendación UIT-R SM.1541	Atenuación Espectro	Potencia en la banda pasiva Espectro
$t_r = t_f = 0$	-44,4 dBpp	39,9 dBW	-46,9 dBpp	37,1 dBW
$t_r = t_f = 50$ ns	-45,8 dBpp	38,5 dBW	-52,8 dBpp	31,3 dBW
$t_r = t_f = 100$ ns	-47,0 dBpp	37,3 dBW	-57,0 dBpp	27,1 dBW

Se ha seleccionado la potencia de cresta instantánea en el borde de la banda será de 27 dBW, partiendo de la hipótesis de que la frecuencia central del radar se ha elegido de modo que el punto a -40 dB caiga en el borde de esa banda. La potencia instantánea en cualquier punto más allá del borde de la banda se indicará con la fórmula siguiente:

CUADRO 3-8

Niveles de potencia de emisión no deseada que cae en la banda pasiva para los 2 métodos diferentes

Sistema 2	Atenuación Recomendación UIT-R SM.1541	Potencia en la banda pasiva Recomendación UIT-R SM.1541	Atenuación Espectro	Potencia en la banda pasiva Espectro
58,8 μ s	-48,4 dBpp	15,6 dBW	-58,0 dBpp	8,8 dBW
88,8 μ s	-48,7 dBpp	15,3 dBW	-59,1 dBpp	7,7 dBW

Para el Sistema 1, los dos métodos difieren entre aproximadamente 3 dB ($t_r = 0$) y más de 10 dB ($t_r = 100$ ns) en los casos en que la banda pasiva comienza al 50% de B_{-40} . Para el Sistema 2, las diferencias de nivel de potencia son de unos 7 dB. Para un mayor desplazamiento con respecto a la frecuencia central del radar, las diferencias de niveles de potencia aumentarán drásticamente (como se indica en las Figuras).

3.4.2.2.2 Análisis B: Utilización de valores máximos y mínimos de emisión no deseada

El inventario de radares fijos en la banda 1 215-1 400 MHz en los Estados Unidos de América comprende radares con parámetros técnicos similares a los Sistemas de Radar 1 a 4 indicados en el Cuadro 3-3. En general, los radares están instalados a lo largo y dentro de las fronteras de los Estados Unidos de América continental, Alaska y Puerto Rico para obtener una cobertura de radar fiable.

El Cuadro 3-9 contiene parámetros técnicos pertinentes supuestos para un radar de los Estados Unidos de América similar a los Radares 1 a 4.

CUADRO 3-9

Parámetros pertinentes de un radar representativo en la banda 1 215-1 400 MHz de los Estados Unidos de América similar a los Radares 1 a 4

Sistema de radar	Máxima frecuencia (MHz)	Atenuación de la emisión 1 400-1 427 MHz (con respecto a la cresta)			Atenuación de la emisión 1 400-1 427 MHz (Véase: anchura de banda de 27 MHz)		
		Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media
1	1 350	-120	-90 ⁽¹⁾	-98,5	-100,5	-70,5	-79
2	1 400	-89	-55 ⁽²⁾	64,5	-74,7	-40,7	-50,2
3	1 400	-40	-25 ⁽²⁾	-30,7	-25,7	-10,7	-16,4
4	1 350	-65	-50 ⁽²⁾	-55,7	-50,7	-35,7	-41,4

⁽¹⁾ Medido en una anchura de banda de 300 kHz.

⁽²⁾ Medido en una anchura de banda de 1 MHz.

El Cuadro 3-9 también contiene niveles medidos de la atenuación de las emisiones no esenciales en los radares de los Estados Unidos de América que funcionan en la banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz con respecto al nivel de emisión de cresta del radar. Estos datos son válidos en la frecuencia más elevada posible del radar; es decir, la frecuencia más próxima a 1 400 MHz. Como puede verse, la anchura de banda de medición de referencia de cada radar es diferente. Por ejemplo, la anchura de banda de medición de referencia para los radares de los Estados Unidos de América similares al Radar 1 es de 300 kHz y la anchura de banda de referencia para el Radar 2 y el Radar 3 es de 1 MHz.

En análisis previos se convirtió el criterio de umbral de $-174 \text{ dB(W/27 MHz)}$ a un valor constante de -174 dBW para la banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz. De modo similar, cada valor de atenuación no esencial medido se convirtió también a una anchura de banda de 27 MHz añadiendo un factor de corrección apropiado.

$$\text{Factor de corrección} = 10 \log \left(\frac{27 \text{ MHz}}{BW_{ref}} \right)$$

Por consiguiente, se añadió un factor de corrección de 19,5 dB a los valores de atenuación máximo y mínimo para el Radar 1 y se añadieron 14,3 dB a los valores para los Radares 2 y 3, a fin de obtener las dos columnas finales del Cuadro 3-8.

3.4.2.2.3 Datos medidos

3.4.2.2.3.1 Anchura de banda del radar entre 1 215 y 1 400 MHz y espectros de emisión no deseada

Una administración ha divulgado los espectros de emisión radiada medidos de un tipo de radar que funciona entre 1 215 y 1 400 MHz. En las Figs. 3-5 y 3-6 se representa el espectro radiado de este radar de sintonización fija en esa banda. Docenas de radares de este tipo se utilizan actualmente en por lo menos una administración. La Fig. 3-5 muestra el espectro en una amplia gama de frecuencias, 1 200-4 600 MHz, y la Fig. 3-6 contiene detalles del espectro de emisión de un radar idéntico entre 1 200 y 1 400 MHz. El radar utiliza un amplificador de campos cruzados (ACC, también llamado amplitrón) como etapa de salida final. Dadas las características técnicas del amplitrón, las emisiones no deseadas del radar se extienden con un nivel medible en una gama de frecuencias de varios Gigahertzios, según se indica en la Fig. 3-5. Para lograr una mejor compatibilidad con sistemas en bandas adyacentes, se ha instalado un filtro de salida en el transmisor del radar. El efecto del filtro se manifiesta como un rechazo del nivel de salida entre 1 400 y 1 800 MHz en la Fig. 3-5. Como se puede ver en esa Figura, a frecuencias superiores a 1 800 MHz el filtro no rechaza la señal de radar y las emisiones de radar se observan entre 1 800 y 4 400 MHz. En la Fig. 3-6, el efecto del filtro se manifiesta con detalle entre 1 200 y 1 400 MHz. Los elevados niveles de emisión del ACC están reducidos en las frecuencias de caída de aproximadamente 1 235 MHz y 1 375 MHz, pero debido al carácter de banda ancha de las emisiones del ACC, entre las frecuencias de caída del filtro, los niveles de emisión del radar *no* se verán afectados por la frecuencia particular a la cual el radar esté sintonizado. Por consiguiente, la resintonización de la frecuencia fundamental de este tipo de transmisor de radar con filtro de salida no dará lugar a niveles de emisión inferiores en la parte del espectro utilizada por instrumentos del radiómetro entre 1 400 y 1 430 MHz.

FIGURA 3-5

**Espectro radiado medido de un solo canal de radar
con filtrado de salida entre 1 200 y 4 600 MHz**

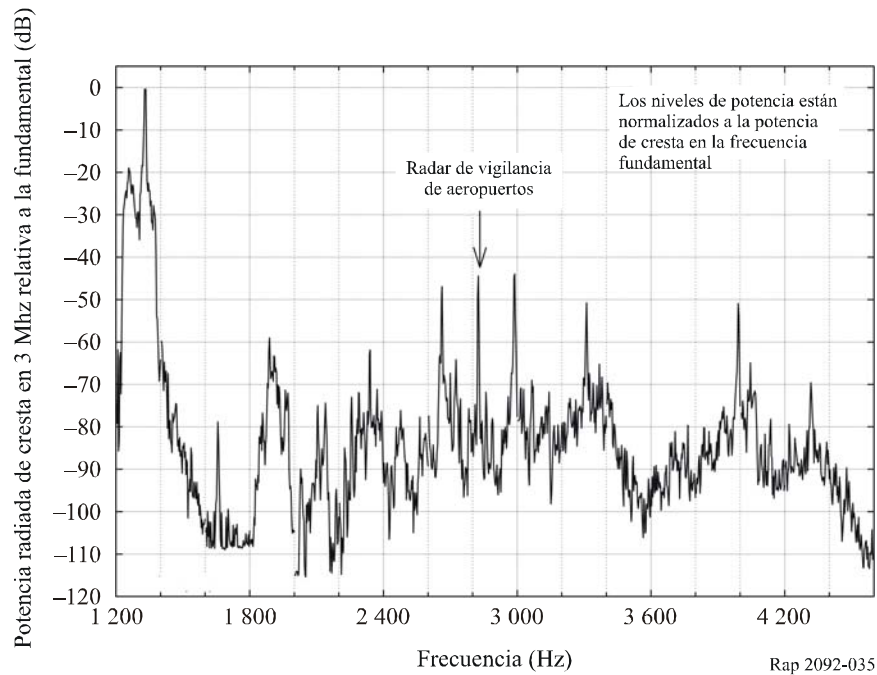
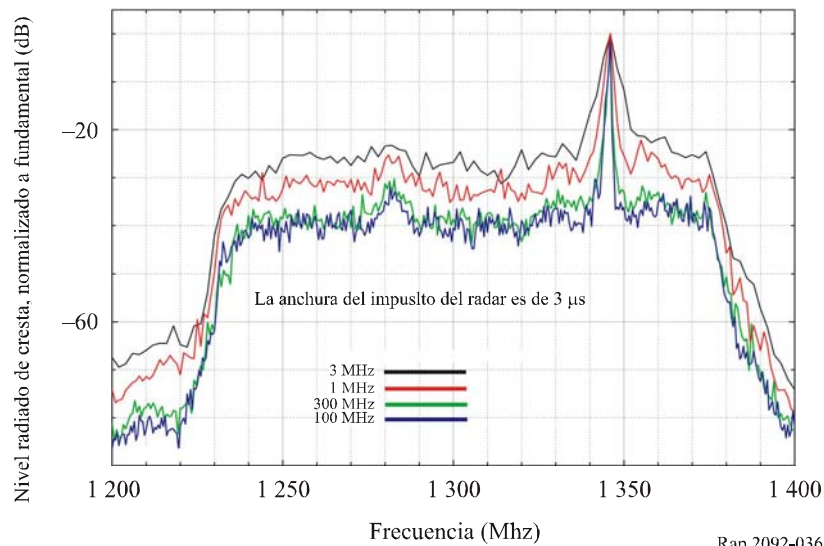


FIGURA 3-6

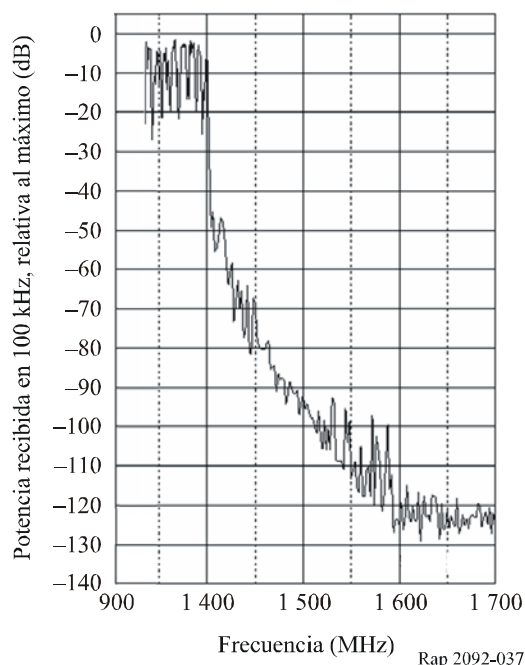
**Detalle del espectro de la Fig. 3-5 entre 1 200 y 1 400 MHz,
que muestra el efecto del filtro de salida del radar y la
independencia de las caídas de emisión con respecto
a la frecuencia sintonizada del radar**



3.4.2.2.3.2 Radar de sistema de antenas distribuido versátil en frecuencias

Algunos tipos de radares, tales como el Sistema de Radar 3 de la Recomendación UIT-R M.1463, funcionan con versatilidad de frecuencias en toda la gama de frecuencias de 1 215-1 400 MHz. Necesitan toda la gama de frecuencias para funcionar y, por lo tanto, no se pueden «resintonizar». Utilizan sistemas distribuidos de centenares de elementos de potencia activos (incorporados en las estructuras de su antena) para generar su potencia de salida y, por ello, no resulta práctico equiparlos con filtrados nuevos o adicionales. En las Figs. 3-5 y 3-6 se dan ejemplos de la emisión de ese tipo de radar. Debido a todos esos factores, quizá no sea posible reducir los niveles de emisión de esos radares en la gama 1 400-1 430 MHz.

FIGURA 3-7
Espectro de emisión radiado a 1 350-1 700 MHz
Ejemplo con versatilidad en frecuencia
Radar 2



No obstante, la caída de espectro para las emisiones no deseadas de radar de 1 215-1 400 MHz puede no ser monótona en toda la banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz, como se indica, por ejemplo, en las Figs. 3-5 y 3-6. Como mínimo, cualquier interpolación lineal debe basarse en la aproximación lineal que mejor se ajuste a la porción del espectro de emisión no deseada en el cual se efectúa la integración.

3.4.2.3 Valores obtenidos

3.4.2.3.1 Análisis A

En este punto, los niveles de potencia calculados en la banda pasiva se utilizarán en análisis de compatibilidad. Se consideran dos sensores pasivos, a saber SMOS e HYDROS. A continuación se investigan casos estáticos, semidinámicos y dinámicos.

A1 – Análisis estático:

El Cuadro 3-10 refleja los resultados obtenidos utilizando una ganancia de antena de radar de 0 dBi.

CUADRO 3-10

**Análisis de compatibilidad con radar
(ganancia de antena de radar = 0 dBi)**

	Sistema 1/50 ns		Sistema 2/58,8 μ s		Sistema 2/88,8 μ s	
Potencia en la banda pasiva (dBW)	31,3		8,8		7,7	
Margen de ciclo de trabajo (dB)	-31,2		-17,7		-15,9	
Atenuación en el espacio libre SMOS/HYDROS (dBi)	152,9	154,4	152,9	154,4	152,9	154,4
Ganancia de antena del sensor SMOS/HYDROS (dBi)	9	35	9	35	9	35
Umbral de interferencia (dBW)	-174		-174		-174	
Discrepancia (dB)	30,2	54,7	21,2	45,7	21,9	46,4
Límite de potencia de emisión no deseada en la banda pasiva (dBW)	-30,1	-54,6	-30,1	-54,6	-30,1	-54,6

Los valores de la atenuación en el espacio libre mostrados en el Cuadro 3-10 son válidos cuando el satélite está directamente encima del radar donde la distancia oblicua es la más baja. El valor de las pérdidas de trayecto en el espacio libre a 1 400 MHz para un satélite con una altura orbital de 757 km es de 165,4 dB para un ángulo de elevación del radar de 0°, debido al aumento de la distancia oblicua. En el § 3.2 se dan fórmulas para determinar la atenuación adicional total del trayecto causada por la atmósfera en los trayectos Tierra-espacio.

Como puede verse en el Cuadro 3-10, los niveles de potencia en la banda pasiva alcanzan niveles muy superiores al criterio de interferencia de -174 dB(W/27 MHz), con valores de discrepancia que van de 21,2 a 54,7 dB para un satélite pasivo situado directamente encima de un radar. El principal motivo de esta incompatibilidad aparente es la elevada potencia de cresta de los sistemas de radar, así como la gran proximidad de la frecuencia central del canal del radar con la banda pasiva.

La diferencia entre los valores logrados con los dos instrumentos del SETS (pasivo) se debe a que las máximas ganancias de antena son distintas. No obstante, las características de antena de los dos sensores se contrarrestan en el análisis de interferencia dinámica. Por ejemplo, como el SMOS tiene una mayor zona de exploración de antena (pero una ganancia de antena inferior), la probabilidad de que reciba interferencia en un caso determinado es superior a pesar de que la ganancia inferior tiene como resultado una disminución en el rebasamiento del umbral de interferencia en comparación con HYDROS.

A2 – Análisis semidinámico:

Los resultados del análisis semidinámico se indican en las Figs. 3-8 y 3-9, que representan las discrepancias en dB con respecto a la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

Durante este medio pase (un pase completo daría lugar a la adición de una imagen espejo) que dura 473 s (casi ocho minutos), la potencia de interferencia recibida siempre es superior al umbral de interferencia de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (-174 dB(W/27 MHz)) en los dos casos analizados.

Se consideran dos diagramas de antena, uno omnidireccional con una ganancia de antena de 0 dBi, y el otro basado en la Recomendación UIT-R F.1245.

FIGURA 3-8

Análisis para el Sistema 1
(impulso no modulado de 2 μ s)

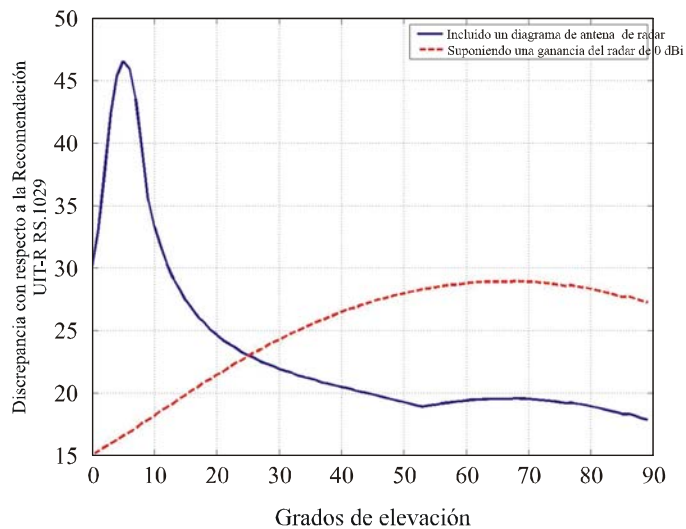
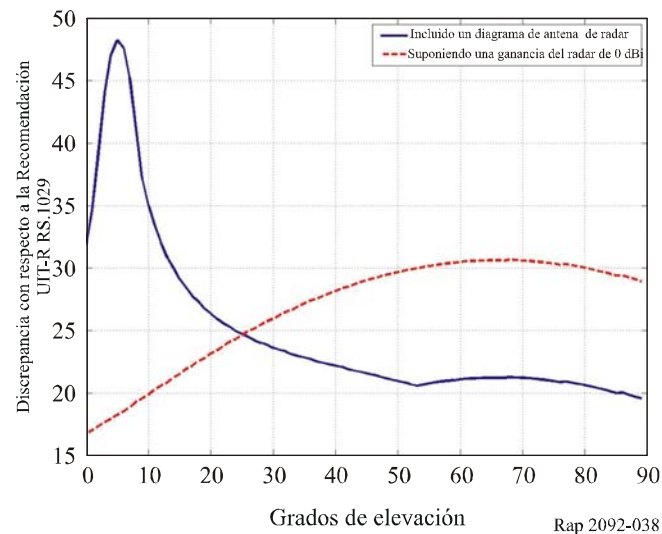


FIGURA 3-9

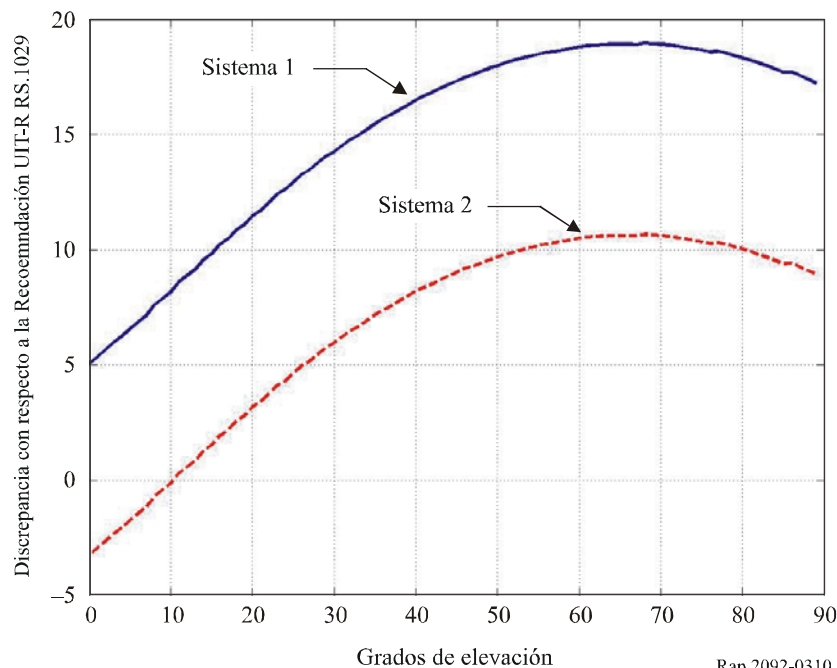
Análisis para el Sistema 2
(impulso no modulado de 88,8 μ s)



Rap 2092-038

FIGURA 3-10

Resultados de salto de frecuencia para el Sistema 1 (curva azul)
y el Sistema 2 (línea roja de puntos)



Rap 2092-0310

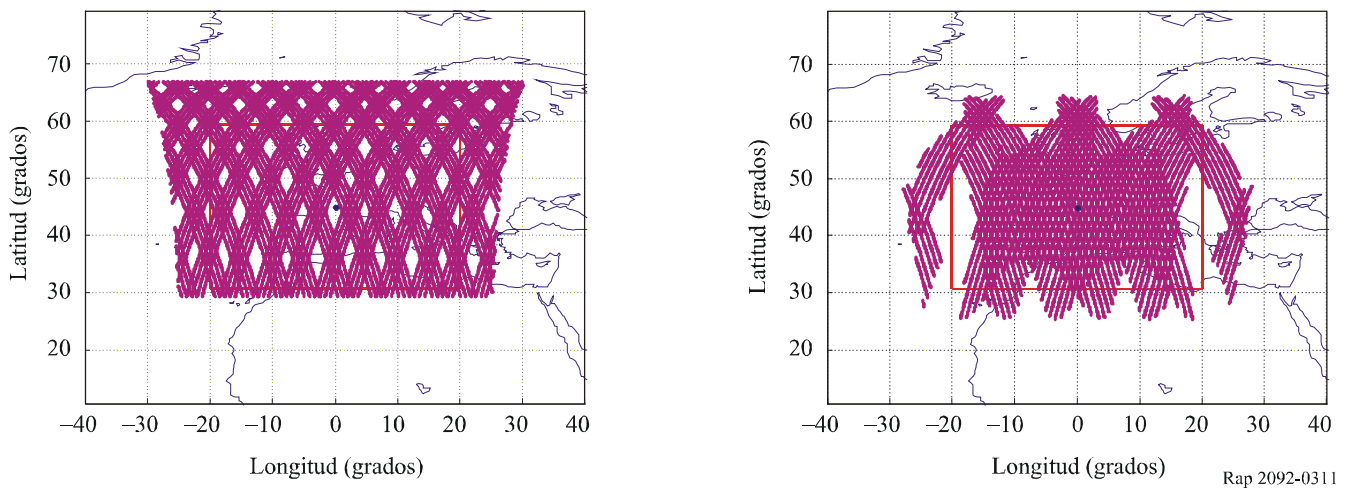
A3 – Análisis dinámico:

En este caso, el nivel de interferencia se determina mediante simulaciones informáticas utilizando un modelado dinámico o técnicas de Monte Carlo para elaborar una distribución estadística estimada de los niveles de interferencia producidos con una utilización representativa de los distintos tipos de radar para compararlos con los requisitos de protección especificados en el § 3.1.3 en términos de porcentaje de la zona de medición en la cual se rebasa el nivel de potencia interferente del umbral de interferencia.

El método propuesto consiste en calcular la interferencia combinada con una potencia en la banda pasiva entregada a la antena de 0 dBW. A consecuencia de ello, la diferencia entre el valor de interferencia observado por el sensor pasivo durante el 0,1% del tiempo y el umbral (-174 dBW en la banda pasiva) será la máxima potencia emitida admisible para el radar en la banda 1 400-1 427 MHz. En el centro de esta zona de medición se coloca un radar cuyas características se indican en el Cuadro 3-3. Se simula el efecto de exploración vertical y horizontal del radar. Se elige una fase inicial aleatoria para cada ejecución de la simulación, dado que el trayecto de vuelo del SETS y el radar no son sincrónicos.

Para cada una de estas posibilidades, se realizan diez simulaciones. A continuación, se trazan las distintas FDA (véanse las Figs. 3-11 a 3-15) para cada uno de los cuatro radares, considerando los sensores SMOS o HYDROS. Por último también se traza la FDA media, en color magenta. Se obtiene entonces el nivel de potencia de emisión no deseada admisible en la banda pasiva con la diferencia entre -174 dBW y el punto en que esa curva cruza el umbral del 0,1%.

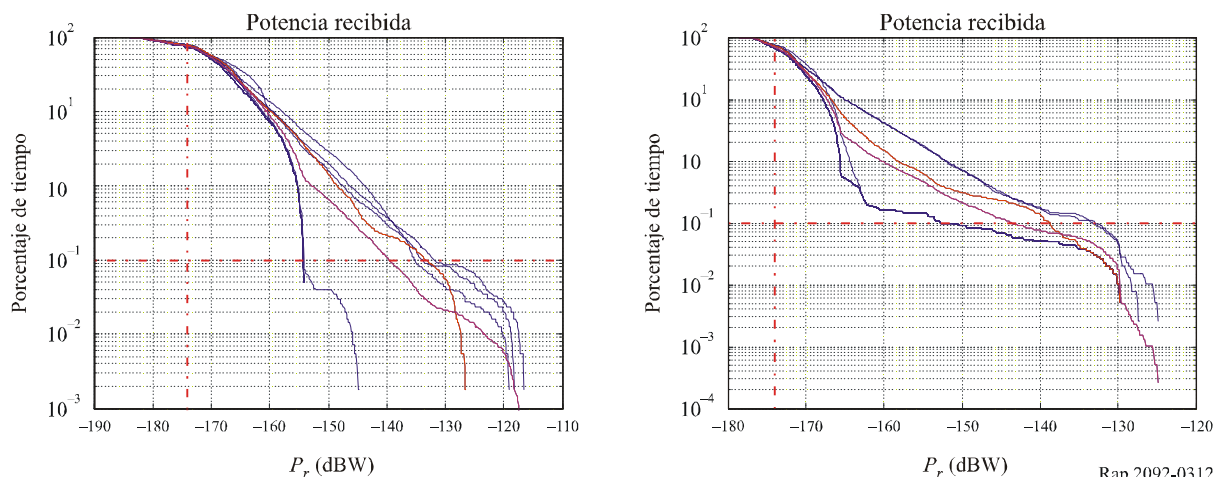
FIGURA 3-11

Zona de medición del SMOS e HYDROS

Rap 2092-0311

Los resultados aparecen en las Figs. 3-12 a 3-15.

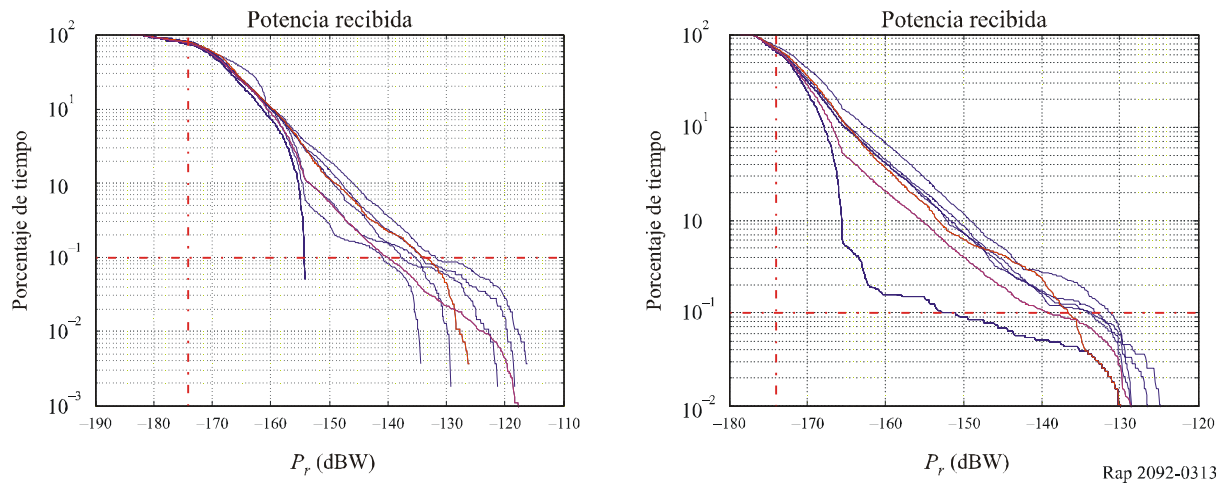
FIGURA 3-12

**Resultados de la simulación para el tipo de Radar 1
(SMOS a la izquierda, HYDROS a la derecha)**

Rap 2092-0312

FIGURA 3-13

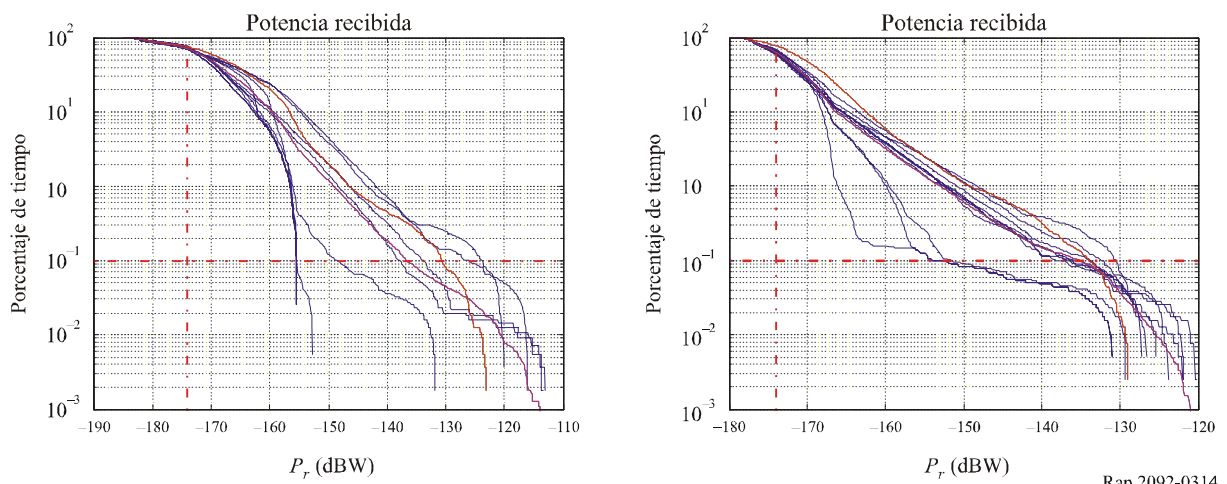
**Resultados de la simulación para el tipo de Radar 2
(SMOS a la izquierda, HYDROS a la derecha)**



Rap 2092-0313

FIGURA 3-14

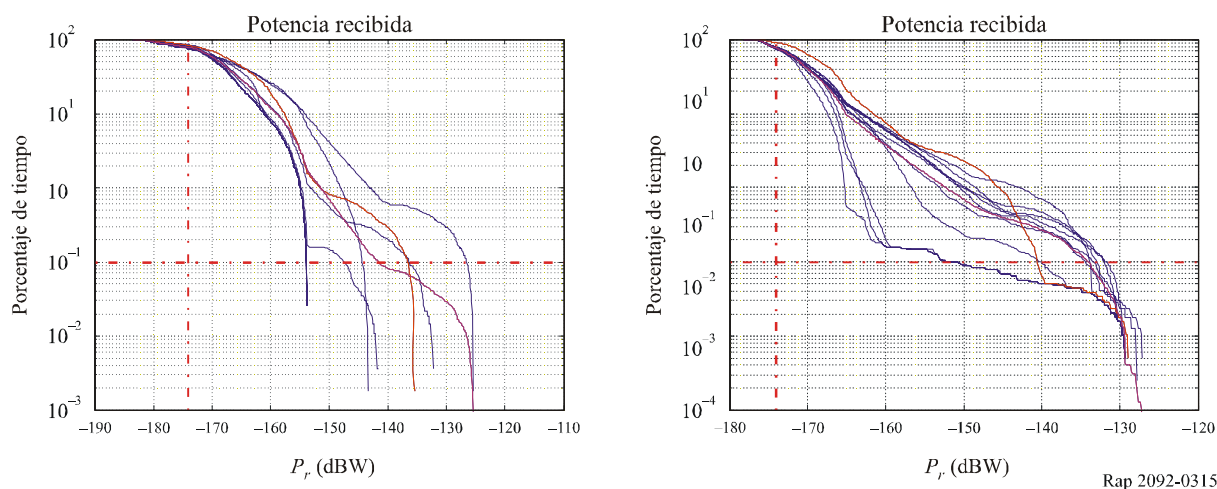
**Resultados de la simulación para el tipo de Radar 3
(SMOS a la izquierda, HYDROS a la derecha)**



Rap 2092-0314

FIGURA 3-15

**Resultados de la simulación para el tipo de Radar 4
(SMOS a la izquierda, HYDROS a la derecha)**



CUADRO 3-11

Síntesis de los resultados del análisis dinámico

Radar	Límite de potencia (dB(W/27 MHz)) para el sensor SMOS	Límite de potencia (dB(W/27 MHz)) para el sensor HYDROS
1	-40,5	-35,2
2	-40	-37,4
3	-43	-40
4	-37,3	-33,4

Estas simulaciones muestran que el nivel de interferencia admisible en la banda pasiva es de aproximadamente -40 dB(W/27 MHz), lo que significa que es 10 dB inferior al nivel propuesto (-29 dB(W/27 MHz)).

Estos resultados muestran que el valor de la FDA de la interferencia presenta algunas grandes variaciones durante el menor porcentaje de tiempo. Esto podría explicarse por la evolución de la ganancia de la antena del radar durante la simulación. Parece que la ganancia media de la antena es inferior a 0 dBi (por ejemplo, aproximadamente -9 dBi), salvo en algunas situaciones particulares cuando el satélite pasivo del SETS cruza el haz principal del radar. En este caso, se tiene en cuenta un elevado nivel de interferencia particular en la FDA que conduce al valor más alto, lo cual depende en gran medida de la probabilidad de que se produzca ese tipo de evento. Esto lo pone de manifiesto la fase inicial aleatoria que da ángulos de puntería del radar diferentes para distintas ejecuciones de la simulación. En particular la FDA está muy por debajo de la media si los sensores pasivos del SETS no cruzan el haz principal del radar (trazado más a la izquierda en cada Figura).

Por último, este análisis dinámico tiene por objeto demostrar que el nivel de interferencia depende principalmente de la situación en la cual el satélite del SETS cruza el haz principal del radar. Para todas las ejecuciones de simulación en las cuales el sensor pasivo del SETS no cruza el haz principal del radar, la ganancia de antena del radar permanece prácticamente constante alrededor de -9 dBi y confirma la hipótesis del análisis estático de que se considere una ganancia de antena de 0 dBi. En ese caso, los niveles de emisión no deseados que figuran en el Cuadro 3-10 del análisis estático se pueden hacer menos estrictos teniendo en cuenta este nuevo valor medio. Por el

contrario, esta hipótesis no es pertinente si el sensor pasivo del SETS cruza el haz principal del radar, lo cual da lugar a una ganancia de emisión adicional en el balance del enlace próxima a la máxima ganancia de antena (hasta 35 dBi), y, a su vez, a un límite obligatorio, dado que la discrepancia mejorará drásticamente.

Técnicas de reducción de la interferencia y conclusión del Análisis A:

Para hallar soluciones comúnmente aceptadas que tiendan a proteger los servicios pasivos contra emisiones no deseadas sin imponer una carga excesiva a los servicios activos, se propone considerar dos elementos de reducción de la interferencia.

- a) El primer factor de reducción de la interferencia propuesto en el análisis semidinámico tiene en cuenta el hecho de que un sistema de radiolocalización típico gira alrededor del eje vertical. Por consiguiente, en lugar de considerar el diagrama de antena del radar completo como un elemento estático (líneas azules en las Figs. 3-8 y 3-9), podría considerarse que el sistema de rotación presenta una ganancia media de 0 dBi hacia el satélite (líneas rojas en las Figs. 3-8 y 3-9). Es obviamente una simplificación excesiva, pero tiende a encontrar una solución de compromiso aceptable al problema. El análisis dinámico lo confirma, ya que la ganancia de antena media desde el radar hacia el sensor pasivo del SETS se aproxima a -9 dB con respecto a algunas máximas ganancias de antena típicas superiores a 30 dBi (véase (k) en el Cuadro 3-3).
- b) Los resultados de las Figs. 3-8 y 3-9 se basan en la situación en la cual la anchura de la banda a -40 dB del canal de radar activo está situada justo dentro del borde de la banda de 1 400 MHz. En realidad puede suponerse que la mayoría de los radares instalados en la subbanda 1 350-1 400 MHz son radares de salto de frecuencia que, en función de su «estrategia de salto», podrían no tener la frecuencia de repetición de impulsos completa utilizada en el último canal disponible para el radar que está más próximo a la banda pasiva. Dependiendo del número de canales disponible para el radar, la potencia media resultante en la banda pasiva puede reducirse por un factor determinado. Por ejemplo, en el caso de 20 canales de radar, la hipótesis de compatibilidad podría pasar a ser por lo menos 10 dB más favorable dependiendo de la separación entre canales y de la separación con respecto a la banda pasiva. Considerar el efecto del salto de frecuencia sobre la potencia media es, por lo tanto, un elemento importante para mejorar los resultados del análisis de compatibilidad.

Si se utiliza solamente el primer elemento de reducción de la interferencia se obtiene lo siguiente: para el Sistema 1, con una potencia media de 0,1 dB(W/27 MHz), el resultado es una discrepancia de 29,0 dB. Para el Sistema 2, con una potencia media de $-8,2$ dB(W/27 MHz), el resultado es una discrepancia de 20,7 dB. Para ambos sistemas existiría una compatibilidad razonable si la potencia de emisión no deseada media en la banda pasiva no rebasara el valor de $-28,9$ dBW.

Si se aplican ambos factores de reducción, la situación resultante se indica en la Fig. 3-11; debido a las potencias de cresta muy elevadas de los sistemas de radar estudiados, sigue apareciendo una discrepancia de 19 dB para el Sistema 1 y de 10,7 dB para el Sistema 2, pero son déficits mucho más manejables que el de 47 dB que resultaría en caso del análisis estático.

Con un filtrado limitado o si se evitan las frecuencias más elevadas de la banda de radiolocalización (dejando que la señal disminuya de forma natural antes de alcanzar la banda pasiva), o aplicando otros medios técnicos que reducen la potencia media en la banda pasiva, podría lograrse un nivel de potencia de emisión no deseada de $-28,9$ dB(W/27 MHz).

Con este nivel de potencia medio en la banda pasiva, el sensor del SETS (pasivo) seguiría recibiendo interferencia si el lóbulo principal del radar apuntara al satélite, pero la situación de compatibilidad sería mucho más favorable que la actual.

En este estudio se ha tomado como hipótesis que la anchura de banda a -40 dB está completamente comprendida en la banda de radiolocalización, lo cual no debe ser necesariamente válido para todos los sistemas. Asimismo, una administración ha efectuado mediciones detalladas de las emisiones producidas por varios tipos de radar en la banda 1 350-1 400 MHz, y ha medido los niveles de emisión de esos radares que aparecen de bandas adyacentes. Estas mediciones han mostrado que, de conformidad con el RR, los radares ocupan la anchura de banda necesaria en el borde de la banda de 1 400 MHz. Se ha observado que los niveles de emisión de cresta son de aproximadamente -20 dB a 1 400 MHz, medidos en una anchura de banda de 1 MHz, con respecto al máximo de la emisión fundamental del radar en la banda. Las mismas mediciones muestran que se obtiene un nivel de emisión de -40 dB a frecuencias próximas a 1 420 MHz, medido en una anchura de banda de 1 MHz. No obstante, a título de ejemplo, algunas administraciones facilitaron información de que los sistemas de radiolocalización pueden utilizar solamente la banda 1 215-1 375 MHz debido a que otros servicios emplean la banda de frecuencias 1 375-1 400 MHz.

3.4.2.3.2 Análisis B

En los Cuadros siguientes se examina la posibilidad de que sistemas de radar de la Recomendación UIT-R M.1463 cumplan el límite de $-28,9$ dB(W/27 MHz) propuesto para las emisiones no deseadas en la banda 1 400-1 427 MHz. Hay que ser prudente, para evitar simplificaciones excesivas y generalizaciones sobre el funcionamiento del radar en la banda 1 350-1 400 MHz.

En el Cuadro 3-12 se examina la capacidad de los sistemas de radar contenidos en la Recomendación UIT-R M.1463 de cumplir el límite propuesto de $-28,9$ dB(W/27 MHz) para las emisiones no deseadas en la banda 1 400-1 427 MHz. El Cuadro incluye los mínimos valores de atenuación no esencial mostrados en el Cuadro 3-9, así como los dos otros factores incluidos en este nivel de potencia medio, es decir, una ganancia de antena del radar de $G = 0$ dBi y una reducción adicional de 10 dB del nivel de emisiones no esenciales radiadas debido a la hipótesis de que el radar utiliza una «estrategia de salto».

CUADRO 3-12

**Análisis B, determinación del nivel de emisiones no esenciales radiadas medias
para los sistemas de Radar 1 a 4 de la Recomendación UIT-R M.1463**

Sistema de radar N°	Potencia de transmisión (dBW)	Máxima atenuación no esencial (dB)	Mínima atenuación no esencial (dB)	Atenuación no esencial media (dB)	Ciclo de trabajo (dB)	Salto de frecuencia⁽²⁾ (dB)	Nivel de potencia más bajo de emisión no deseada radiada (dBW)	Nivel de potencia más alto de emisión no deseada radiada (dBW)	Nivel de potencia medio de emisión no deseada radiada (dBW)
1	67	-100,5	-70,5	-79	-31,2	-10	-74,7	-44,7	-53,2
2	50	-74,7	-40,7	-50,2	-15,7	-10	-50,4	-16,4	-25,9
3	46,5	-25,7	-10,7	-16,4	-10,0 ⁽¹⁾	-10	+0,8	+15,8	+10,1
4	50	-50,7	-35,7	-41,4	-15,2	-10	-25,9	-10,9	-16,6

⁽¹⁾ Valor máximo, el radar puede funcionar en varios modos (véase el Cuadro 3-3).

⁽²⁾ Debe señalarse que no todos los sistemas de radar utilizan el salto de frecuencia y que este factor de atenuación puede no aplicarse.

Suponiendo el máximo valor de atenuación de emisión para cada radar, se obtiene el resultado de que todos los radares satisfarán, o casi, el máximo valor propuesto para el nivel de emisiones no deseadas radiadas admisibles en la banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz .

Ahora bien, si se supone que las emisiones de radar sólo están mínimamente atenuadas, solamente el sistema de Radar 1 cumple el máximo límite propuesto para las emisiones no deseadas radiadas en la banda 1 400-1 427 MHz, a causa principalmente de la máxima frecuencia implementada para este sistema (1 350 MHz). Los demás sistemas de radar exigirían entre 9,5 y 41,7 dB de atenuación adicional de sus emisiones no deseadas a fin de satisfacer el máximo valor medio sugerido de -28,9 dBW para las emisiones no deseadas radiadas.

Tomando las hipótesis de atenuación mínima y máxima, el Radar 3, que es el radar más típico que utiliza técnicas de modulación avanzadas, tiene los niveles más elevados de emisiones no deseadas. No obstante, se ha de señalar que toda la banda pasiva está incluida en la anchura de banda B₋₄₀, dado que la máxima atenuación es de 40 dBpp. Esto no es coherente con la premisa de que la banda del SETS (pasivo) queda justo fuera de la anchura de banda a -40 dB del radar y puede explicar esta incompatibilidad.

Asimismo, la atenuación debida al salto de frecuencias o a las características del ciclo de trabajo puede ser superior para este sistema específico y, por lo tanto, reducir la incompatibilidad.

Por último, el cuarto resultado puede explicarse principalmente por la utilización de un amplificador de campos cruzados que es conocido por su elevada producción de emisiones no deseadas. Es improbable que esta tecnología se utilice en futuros sistemas en esta banda.

3.4.2.3.3 Análisis C

Se efectuó un análisis dinámico para evaluar las consecuencias de las emisiones no deseadas causadas por radares de radiodeterminación en la banda de 1 215-1 400 MHz en los sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz. Se utilizó un programa comercial para efectuar simulaciones del modelo dinámico para cuatro hipótesis a fin de determinar las consecuencias en el dominio del tiempo de la interferencia de radar sobre las mediciones tomadas por un sensor pasivo cuando pasa sobre una zona densamente poblada de estaciones de radiolocalización.

Para elaborar este modelo de simulación se utilizó una base de datos de sistemas de radar autorizados en América del Norte, Alaska y Puerto Rico en la banda 1 215-1 400 MHz. Los parámetros de radar utilizados para este análisis se indican en el Cuadro 3-13.

CUADRO 3-13

Parámetros del radar de radiodeterminación en la banda 1 215-1 400 MHz

Parámetro/radar	Radar A	Radar B	Radar C	Radar D	Radar E	Radar F
Mínima frecuencia (MHz)	1 231	1 250	1 215	1 215	1 221	1 231
Máxima frecuencia (MHz)	1 383	1 350	1 340	1 390	1 309	1 383
Potencia media de transmisión (dBW)	36,021	34,914	35,19	33,6	30	26,232
Ganancia de cresta de la antena (dB)	39,1	34	33,5	35	34	30,9
Anchura de banda de elevación, 3 dB (grados)	2,2	5	4,5	2	4,5	4,5
Anchura de banda en acimut, 3 dB (grados)	2,1	1,2	1,1	1,4	2,5	4,5
Velocidad de rotación (grados/s)	30	36	30	30	30	60
Antena utilizada	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1

Ahora bien, debe señalarse que el análisis dinámico no tuvo en cuenta la instalación de sistemas a los que no se impide funcionar hasta el borde de la banda de radiolocalización de 1400 MHz.

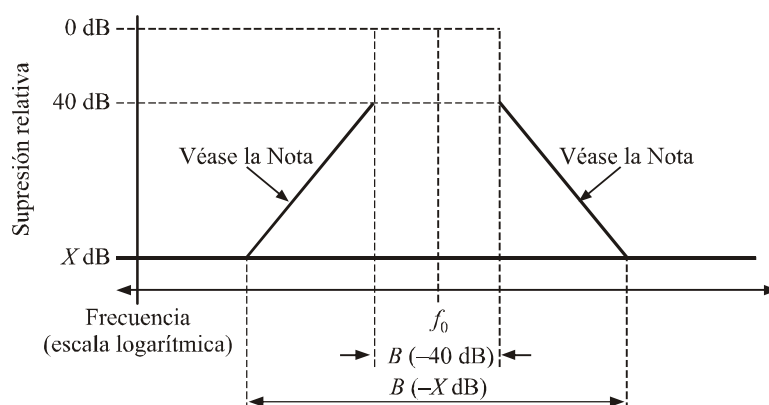
De modo similar a muchos radares de control de tráfico aéreo en la banda 1 215-1 400 MHz, los radares ATC de EE.UU. tienen un tipo de diagrama de antena (cosecante)², que emite la mayoría de la energía hacia arriba desde varios grados por encima del horizonte hasta casi 40°.

En el análisis se modeló una antena para cada radar. También se tuvieron en cuenta radares con salto de frecuencia y sin salto de frecuencia. En el caso de los radares sin salto de frecuencia, se seleccionaron uniformemente frecuencias fijas aleatorias en toda la banda de frecuencias atribuida. Se emplearon técnicas de salto de frecuencia para los radares de salto de frecuencia identificados.

En el análisis se introdujo un factor de rechazo dependiente de la frecuencia (FDR, *frequency dependent rejection*) para determinar el grado de atenuación ofrecido por un receptor a una señal transmitida sobre la base de características supuestas del espectro de radar y del receptor de sensor pasivo. Para este análisis, FDR utilizó para cada radar la máscara de emisiones Radar Spectrum Engineering Criteria (RSEC) especificados en el Capítulo 5 del Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management (<http://www.ntia.doc.gov/osmhome/redbook/redbook.html>) de la NTIA. Esta máscara de emisión se ilustra en la Fig. 3-16 y es más restrictiva que los límites especificados en el Apéndice 3 al RR. La aplicación de los límites del Apéndice 3 al RR a un análisis similar, que podría utilizarse para evaluar la compatibilidad global entre el SETS (pasivo) y la radiolocalización, podría dar resultados diferentes, pero no afectaría a las conclusiones del presente documento.

FIGURA 3-16

Anchura de banda y niveles de emisión de radar



Rap 2092-0316

Nota: La pendiente de caída, S , entre los puntos de -40 dB a $-X \text{ dB}$ es de 20 dB por década para los Criterios B y C, y entre 40 y 80 dB por década para el Criterio D. El máximo nivel del espectro de emisión entre los puntos de -40 dB y $-X \text{ dB}$ para una pendiente de $S \text{ dB}$ por década se describe mediante la fórmula:

$$\text{Supresión (dB)} = -S * \log \left| \frac{F - F_0}{\frac{1}{2} B(-40 \text{ dB})} \right| - 40$$

donde:

$$\frac{1}{2} B(-40 \text{ dB}) \leq |F - F_0| \leq \frac{1}{2} B(-X \text{ dB})$$

y:

F : frecuencia a la cual se calcula la supresión

$$B(-X \text{ dB}) = (10^a) B(-40 \text{ dB})$$

$$a = \frac{X - 40}{S}$$

Nota: Los Criterios B, C y D de esta figura se refieren a distintas categorías de sistemas de radar. Todos los sistemas de radar considerados en este análisis entran en el Criterio C, que es una máscara de emisión para radares con determinadas características.

Se efectuaron simulaciones sobre la base de cuatro hipótesis de análisis dinámico ilustradas en las Figs. 3-17 y 3-18. Las hipótesis de simulación dinámica 1 y 2 se analizaron cuando el trayecto del satélite HYDROS pasaba sobre el oeste y el este de América del Norte. Las hipótesis de simulación dinámica 3 y 4 se definieron cuando el trayecto de satélite Aquarius pasaba sobre las costas oeste y este de los Estados Unidos de América.

FIGURA 3-17

**Hipótesis de simulación 1 y 2 – Modelos HYDROS
en América del Norte Occidental y Oriental**

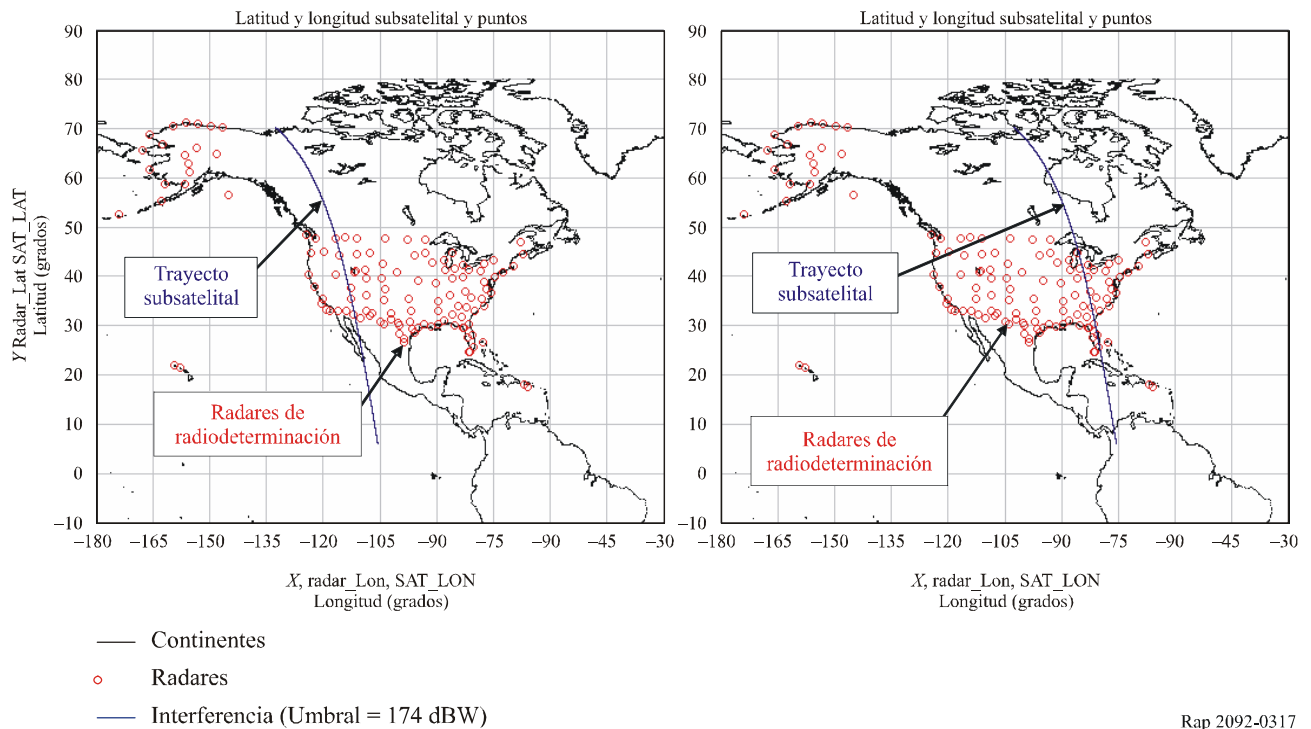
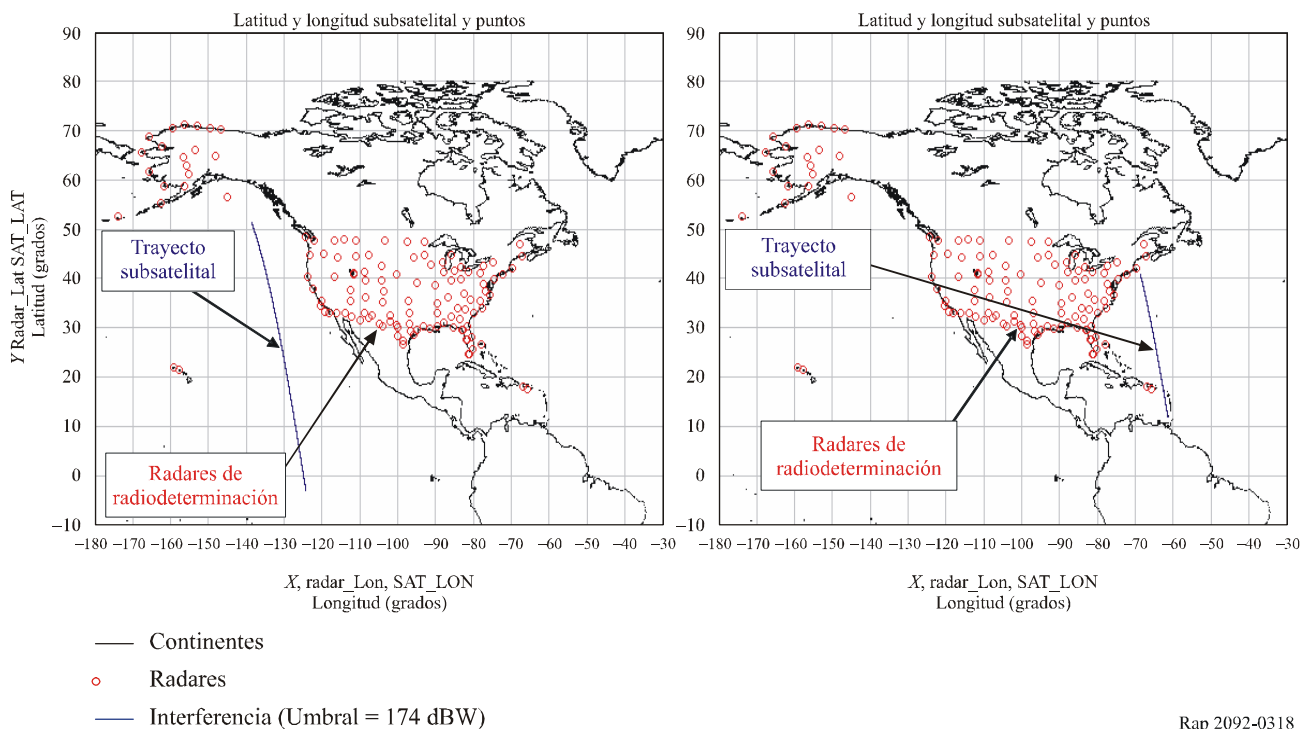


FIGURA 3-18

**Hipótesis de simulación 3 y 4 – Modelos de análisis Aquarius
en las costas Oeste y Este**



Para cada una de las simulaciones ilustradas en las Figs. 3-19 y 3-20, se llevó a cabo una simulación a fin de representar el dominio del tiempo y la FDA correspondiente a diferentes trayectos de satélite para HYDROS y Aquarius con intervalos de tiempo de 10 ms. Los gráficos del dominio del tiempo se indican para una porción del trayecto del satélite, mientras que los gráficos de la FDA se indican para todo el trayecto del satélite. Ambos gráficos se representan en las Figs. 3-21 a 3-26.

FIGURA 3-19

**Hipótesis de simulación 1 – HYDROS América del Norte Occidental,
modelo de análisis de la interferencia en el dominio del tiempo**

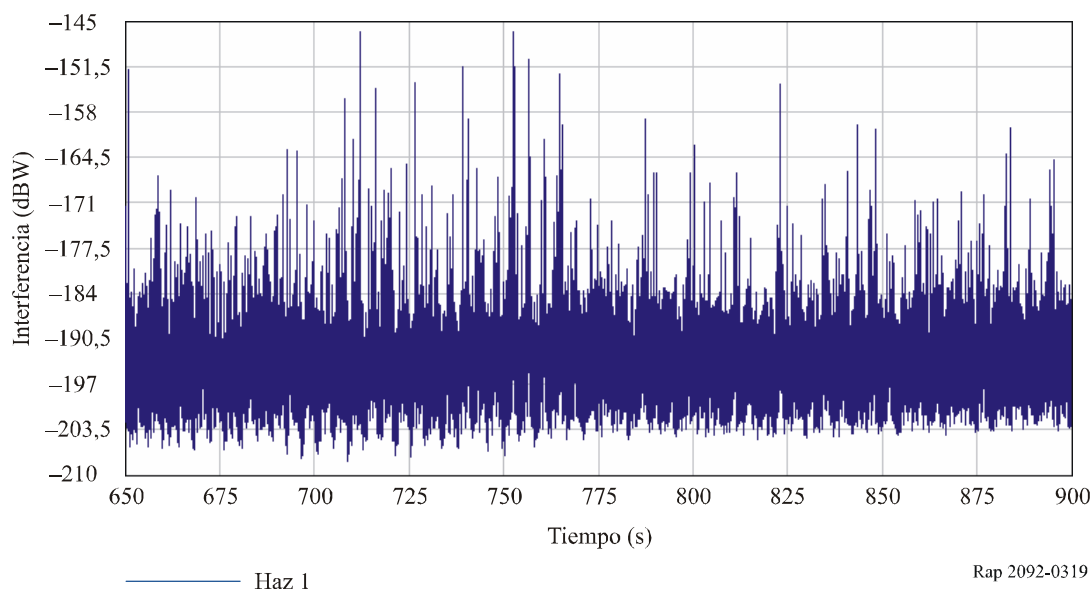


FIGURA 3-20

**Hipótesis de simulación 1 – HYDROS América del Norte Occidental,
modelo de análisis de la FDA de la interferencia**

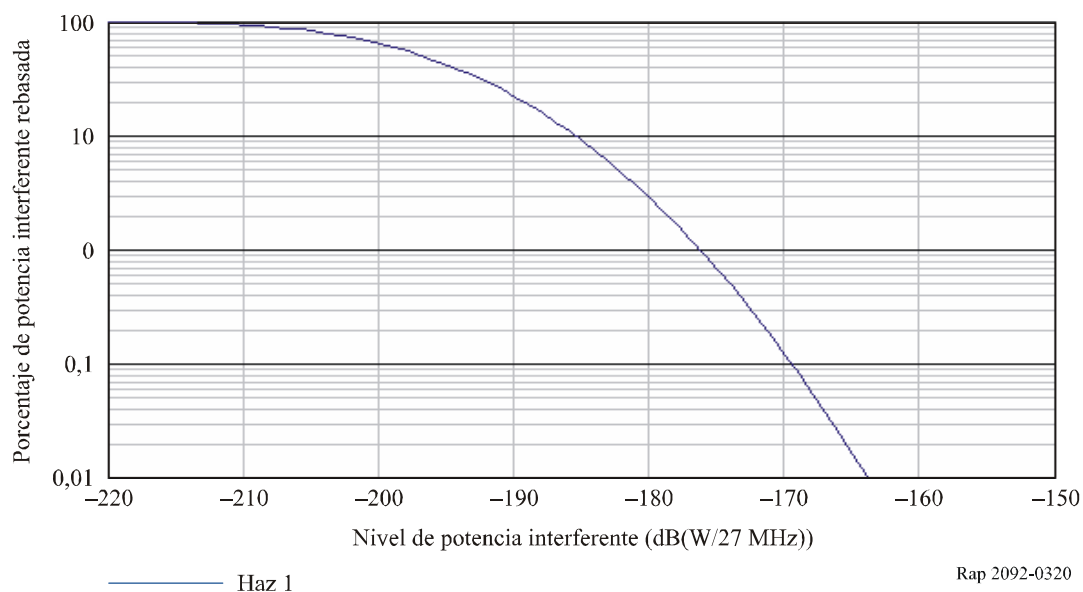


FIGURA 3-21

**Hipótesis de simulación 2 – HYDROS América del Norte Oriental,
modelo de análisis de la interferencia en el dominio del tiempo**

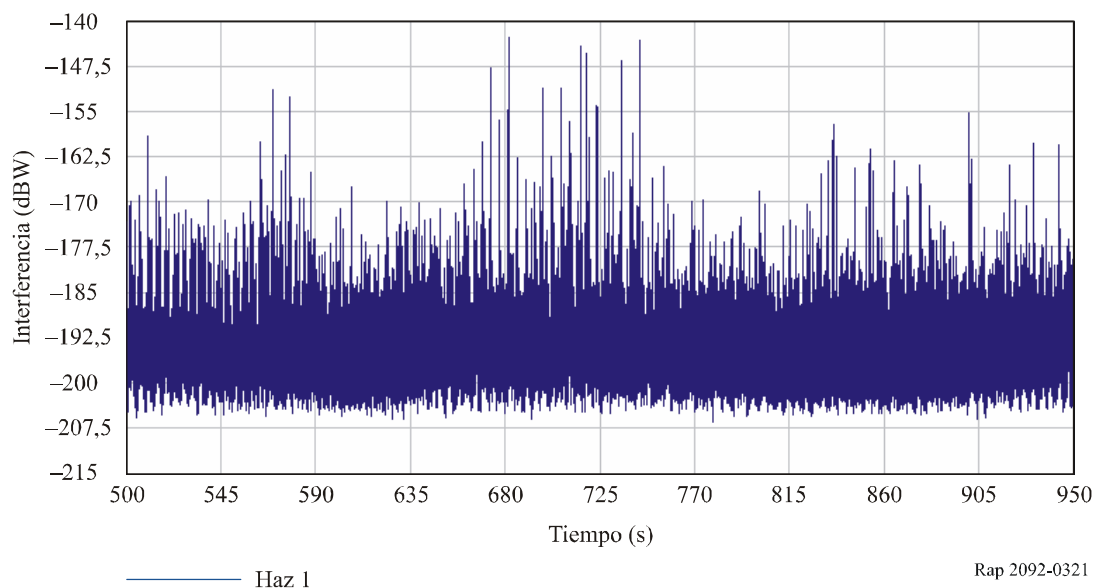


FIGURA 3-22

**Hipótesis de simulación 2 – HYDROS América del Norte Oriental,
modelo de análisis de la FDA de la interferencia**

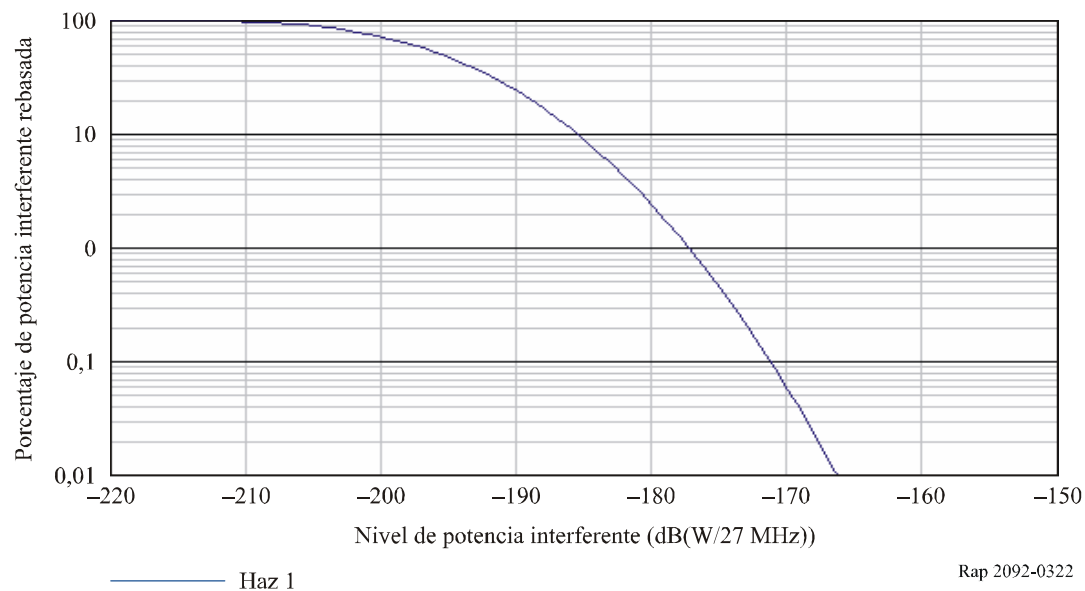


FIGURA 3-23

Hipótesis de simulación 3 – Aquarius costa Oeste, modelo de análisis de la interferencia en el dominio del tiempo

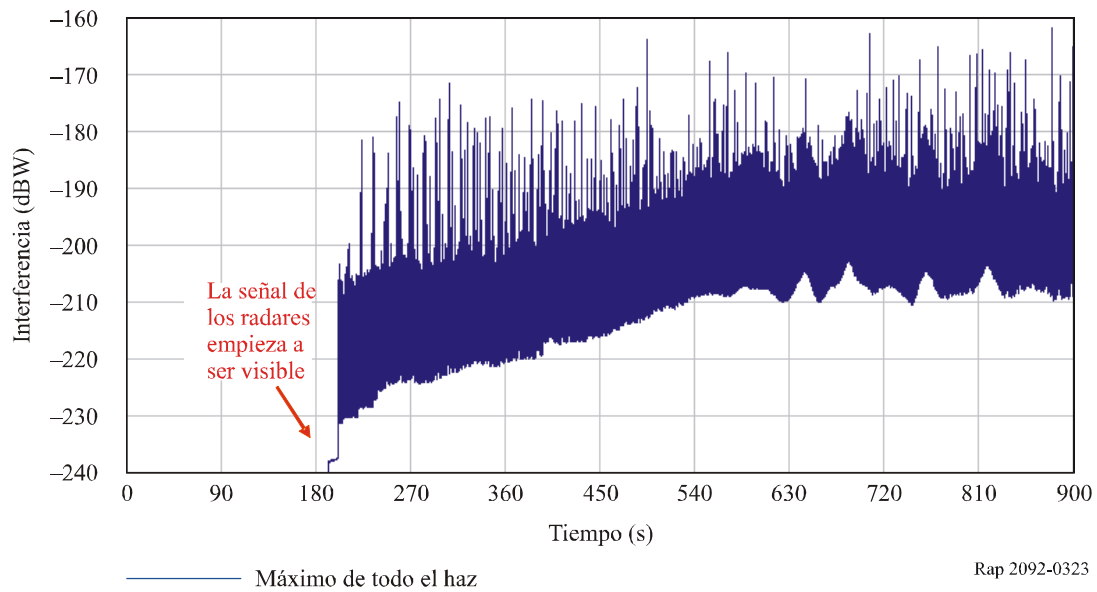


FIGURA 3-24

Hipótesis de simulación 3 – Aquarius costa Occidental, modelo de análisis de la FDA de la interferencia

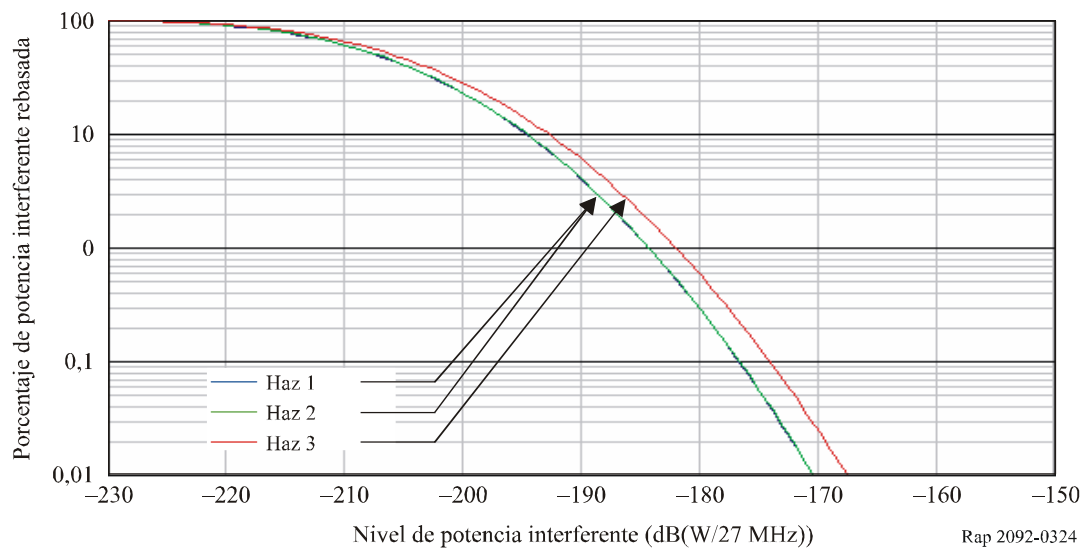


FIGURA 3-25

Hipótesis de simulación 4 – Aquarius costa Este, modelo de análisis de la interferencia en el dominio del tiempo

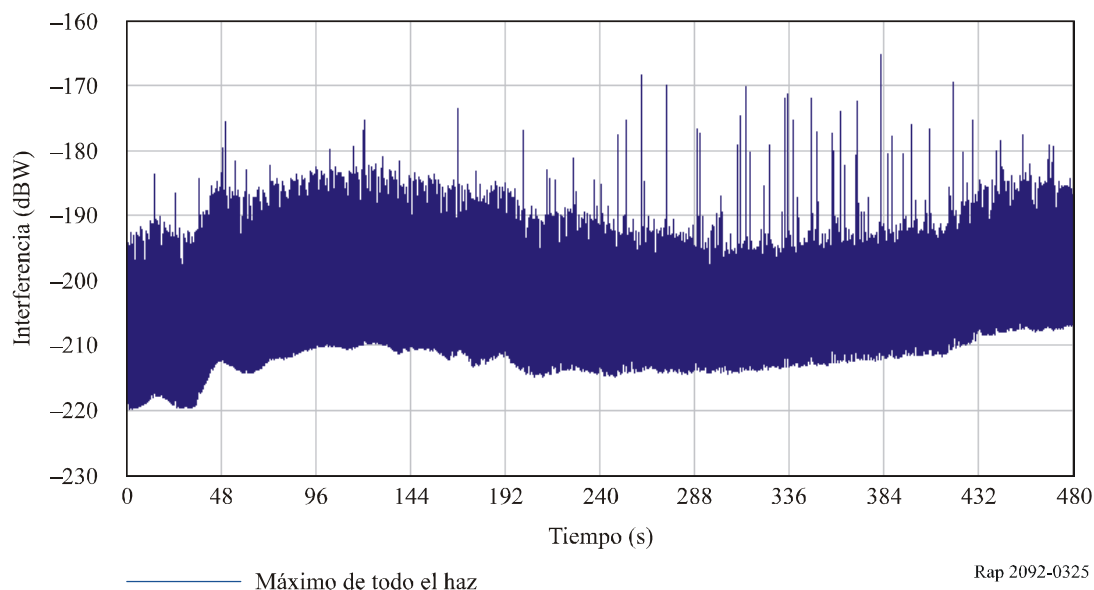
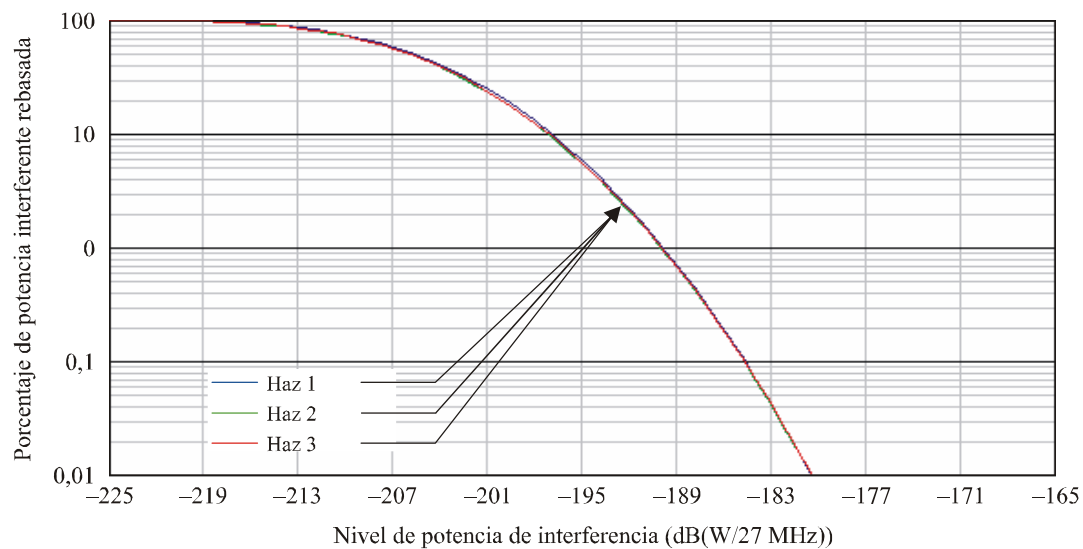


FIGURA 3-26

Hipótesis de simulación 4 – Aquarius costa Este, modelo de análisis de la FDA de la interferencia



Los resultados de los niveles de interferencia ilustrados en las Figs. 3-19, 3-21, 3-23, y 3-25 muestran que el nivel de las emisiones no deseadas del servicio de radiodeterminación recibidas por los sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz rebasan el umbral de interferencia admisible de -174 dB(W/27 MHz) durante menos del 1% del tiempo para la misión HYDROS y menos del 0,1% para la misión Aquarius durante pequeños periodos de tiempo en un pase simulado.

3.4.2.3.4 Síntesis de los análisis

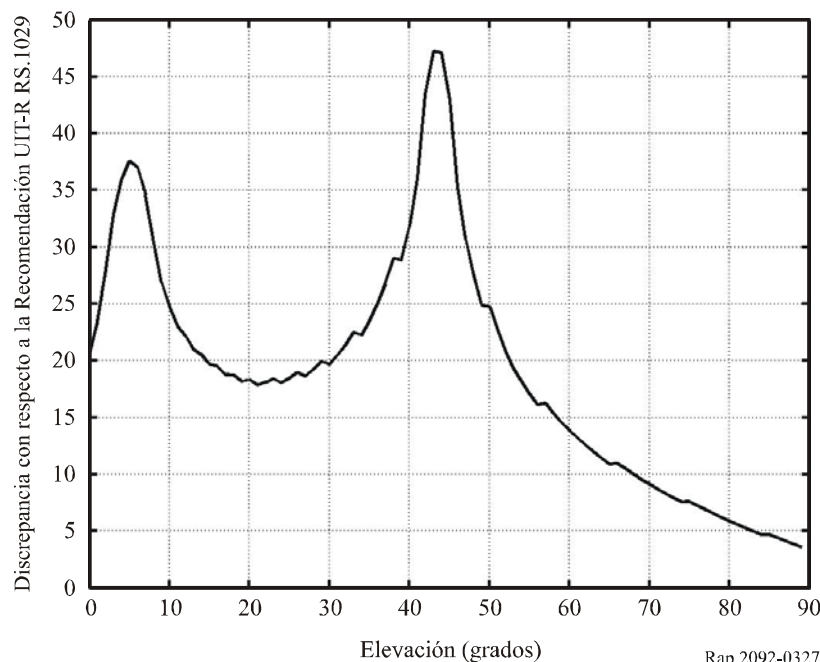
La diferencia aparente entre los resultados del análisis completamente dinámico y de los análisis contenidos en el § 3.4.2.3.1 se explica con los factores siguientes:

- 1) Los radares analizados en el § 3.4.2.3.1 son los enumerados en la Recomendación UIT-R M.1463, mientras que los radares del § 3.4.2.3.2 son parámetros de radar típicos para los sistemas en América del Norte. Los parámetros de los sistemas parecen bastante similares, pero la información requerida utilizada en los análisis, tal como la anchura de banda de emisión y la modulación de los impulsos, no figura en el Cuadro 3-13.
- 2) La máxima frecuencia de funcionamiento de cada uno de los sistemas se indica en el Cuadro 3-13. Dependiendo de la modulación de los impulsos y de la anchura de banda de emisión, puede suponerse que para la mayoría de los sistemas la anchura de banda a B_{-40} (dB) cabrá fácilmente en la atribución de radiolocalización. La principal hipótesis utilizada en el análisis del § 3.4.2.3.1 consiste en partir del punto en que el borde de la anchura de banda a B_{-40} (dB) es directamente adyacente a 1 400 MHz.

Se ha efectuado un análisis semidinámico sobre la base de las características de HYDROS y de un sistema de radar con una potencia media en la banda pasiva de 0 dB(W/27 MHz). (El Sistema 1 con el borde de anchura de banda a B_{-40} (dB) es directamente adyacente a 1 400 MHz.) La magnitud de las crestas de interferencia de este análisis debe corresponder con las crestas de los análisis dinámicos completos presentados en el § 3.4.2.3.2 en el caso de las características de sistema de radar similares (las crestas corresponden al nivel de interferencia de caso más desfavorable de un sistema único, de lóbulo principal a lóbulo lateral, y viceversa). Por consiguiente, la diferencia entre los análisis es un indicador directo de la potencia de emisión no deseada en la banda pasiva para esos sistemas.

FIGURA 3-27

Análisis semidinámico de la geométrica de caso más desfavorable para media pasada del HYDROS



Rap 2092-0327

La Fig. 3-27 presenta dos crestas, una que llega del lóbulo principal del radar al lóbulo lateral del SETS (pasivo) con una elevación baja, que representa un máximo de ~ 37 dB por encima del umbral de interferencia, y una que llega del lóbulo lateral del radar al lóbulo principal del SETS (pasivo) con un máximo de ~ 47 dB. En lo que respecta al nivel de interferencia recibida por el sensor del SETS (pasivo), esto correspondería respectivamente a valores de -137 dBW y -127 dBW. Los valores de cresta para HYDROS en los análisis presentados en las Figs. 3-20 y 3-22 son de aproximadamente -147 dBW. Puede deducirse, por lo tanto, que el sistema que presenta la peor característica de emisión no deseada en los análisis dinámicos obtiene una potencia de emisión no deseada media mejor que -20 dB(W/27 MHz).

Lo más probable es que el análisis dinámico completo represente una hipótesis válida para la mayoría de los sistemas existentes (principalmente radares de control de tráfico aéreo) que probablemente no causarán interferencia perjudicial al SETS (pasivo). Si bien la mayoría de esos sistemas puede que ya cumplan el nivel propuesto de $-28,9$ dB(W/27 MHz), ello no protegería la banda del SETS (pasivo), ya que un solo sistema con los parámetros analizados en el § 3.4.2.3.1 puede causar interferencia durante todo el sobrevuelo del satélite. Por consiguiente, el criterio de disponibilidad se rebasará ampliamente cuando estén presentes varios de estos sistemas, lo que corresponderá a un desplazamiento de ~ 20 dB de la hipótesis de simulación presentada en la Fig. 3-21.

3.5 Técnicas de reducción de interferencia

3.5.1 SETS (pasivo)

Debido a la anchura de banda limitada en la banda atribuida de 27 MHz, no puede utilizarse para la banda del SETS (pasivo) ninguna técnica de reducción de la interferencia tal como banda de guarda efectiva.

3.5.2 Servicio de radiolocalización

Las técnicas de reducción de la interferencia para los sistemas utilizados actualmente pueden considerarse desde un punto de vista práctico y también teórico.

La consideración de las técnicas de reducción teóricas que se han de aplicar a los radares modernos debe tener en cuenta las desventajas y obligaciones inherentes de las operaciones que deben llevar a cabo los radares, especialmente cuando se comparan con otros servicios de radiocomunicaciones. Por ejemplo, la energía deseada recibida por el radar debe desplazarse desde el radar hasta el blanco y regresar de nuevo, por lo que experimenta una atenuación en ambos sentidos que sigue en el mejor de los casos la ley de atenuación de pérdidas de trayecto R^4 ; la energía reflejada por un blanco determinado es una pequeña parte de la energía que incide en ese blanco; las grandes distancias de detección exigidas por los requisitos operacionales del radar, que son en muchos casos del orden de centenares de kilómetros, hacen que los radares sean vulnerables a las condiciones meteorológicas y a otros fenómenos atmosféricos; para lograr una detección fiable de los blancos puede que sea necesario emplear técnicas de diversidad que exigen separaciones de hasta casi 90 MHz entre frecuencias centrales; muchos radares deben funcionar en entornos en los cuales puede haber interferencias deliberadas; las antenas orientadas electrónicamente pueden exigir miles de módulos individuales integrados para obtener una ganancia suficientemente elevada y anchuras de banda lo bastante estrechas para llevar a cabo la misión prevista con los niveles de calidad requeridos, etc.

Conviene señalar que los radares que utilizan tecnologías de antena de barrido electrónico tales como, por ejemplo, el Sistema 3, pueden incorporar miles de módulos individuales de transmisión/recepción en sus antenas en lugar de un solo amplificador u oscilador de alta potencia. Las pequeñas dimensiones y proporciones de estos módulos dificultan la inserción de componentes adicionales para, por ejemplo, filtrar el espectro de emisión de salida.

Cabe la posibilidad de evitar o reducir al mínimo las emisiones en la parte superior del espectro, es decir, 1 375-1 400 MHz, como ya hacen algunas administraciones, a fin de resolver la discrepancia para los radares de banda estrecha de un solo canal. En el caso de esas administraciones, es probable que el análisis de compatibilidad dé lugar a una hipótesis positiva cuando el canal de radar más próximo al borde existente de la banda pasiva tiene una separación de frecuencias de aproximadamente 2 a 2,5 veces la anchura de banda a -40 dB de los sistemas de radiolocalización.

Ahora bien, algunas administraciones requieren un mayor número de radares a 1 215-1 400 MHz para garantizar servicios de radionavegación y de radiolocalización muy fiables en zonas geográficas muy extensas dentro de sus fronteras. En los entornos en los cuales los radares deben estar ubicados relativamente cerca unos de otros o en línea de visibilidad directa, por ejemplo, en crestas de montañas, para obtener una mejor cobertura global, pueden necesitarse grandes separaciones de frecuencias con objeto de permitir un funcionamiento simultáneo. En esos casos, puede ser necesario utilizar la porción de 1 375-1 400 MHz de la banda para lograr un funcionamiento compatible de los radares en la zona de cobertura geográfica necesaria, particularmente si la banda 1 215-1 400 MHz también es compartida con otros servicios activos.

Muchos de los radares utilizados en la gama 1 215-1 400 MHz tienen versatilidad en frecuencia y unas anchuras de banda de emisión de RF instantánea relativamente pequeñas en comparación con la banda atribuida. Con todo, esos radares pueden necesitar acceder a toda la banda de 1 215-1 400 MHz para optimizar su calidad de funcionamiento. Por ejemplo, los radares con versatilidad en frecuencia necesitan utilizar toda la gama de frecuencias atribuida para evitar recibir interferencia sobre otros usuarios del espectro y reducir considerablemente los efectos de la interferencia en otros usuarios del espectro que comparten la misma banda. Si los radares con versatilidad en frecuencia se limitan a una anchura de banda más pequeña que el espectro disponible, el radar será más sensible a las interferencias y causará más interferencias a otros usuarios del espectro. Todo ello tendría consecuencias considerables y obstaculizaría el servicio de radiolocalización.

Algunas administraciones exigen que los espectros de emisión se midan en el campo lejano de la antena a la frecuencia sintonizada más baja, media y más alta posible. Esas mediciones representan las características de filtrado intrínsecas del guiónondas, los acopladores y las articulaciones rotativas situadas entre la salida del transmisor y la antena. En el caso de los radares que pueden sintonizar hasta 1 400 MHz o una frecuencia próxima a ese valor, será muy difícil medir y lograr los niveles de emisión no deseada propuestos en la salida del transmisor a frecuencias superiores a 1 400 MHz.

3.5.3 Posibles repercusiones

3.5.3.1 SETS (pasivo)

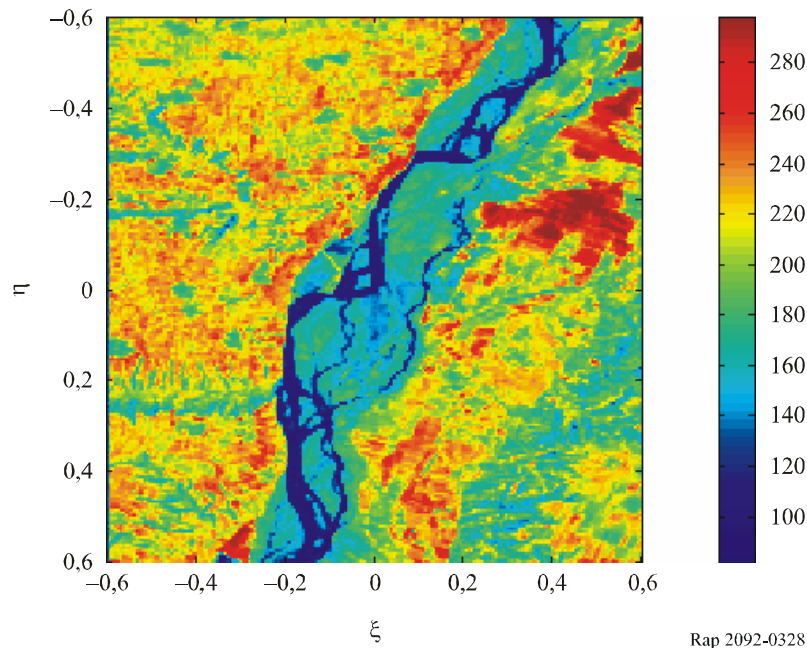
Los sensores de satélite pasivos recibirán niveles de emisiones no deseadas superiores al umbral de -174 dBW para los sensores de satélite pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz cuando estén en la línea de visibilidad directa de los radares de radiolocalización en la banda adyacente inferior.

Simulaciones dinámicas del segundo Análisis B indican que el nivel de las emisiones no deseadas del servicio de radiodeterminación recibidas por los sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz rebasan el umbral de interferencia admisible de -174 dB(W/27 MHz) durante menos del 1% del tiempo y en algunos casos menos del 0,1% del tiempo. Otra administración que realizara un análisis similar utilizando un cuadro de atribución nacional que permitiera generalmente utilizar radares hasta la frecuencia máxima de 1 400 MHz y una instalación similar a la utilizada en el Análisis B (véase el § 3.4.2.3.2), llegaría a un resultado más pesimista. Para una administración, esos niveles de interferencia superiores observados durante periodos de tiempo tan breves se identificarían fácilmente como interferencia y, en ese caso, las mediciones de los sensores pasivos sometidos a esas ráfagas de interferencia pueden descartarse sin consecuencias operacionales en la misión global del SETS en la banda 1 400-1 427 MHz.

Se ha efectuado una simulación para evaluar las consecuencias de la interferencia en SMOS para distintos valores de potencia de emisión no deseada media en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz procedente de un solo transmisor. La Fig. 3-28 es el mapa de temperatura de brillo de la fuente utilizada como entrada al simulador.

FIGURA 3-28

Mapa de temperatura de brillo de entrada que representa un segmento del Río Amarillo cerca de Xi'an, ciudad situada en el noroeste de China



El campo de visión utilizado en la simulación es de aproximadamente 70° , lo que corresponde a una zona mayor de $1\,000 \times 1\,000$ km. Los niveles de potencia media simulados van de -40 dB(W/27 MHz) a 0 dB(W/27 MHz).

FIGURA 3-29

**Mapa de temperatura de brillo reconstruido con RFI
utilizando un nivel medio de -40 dBW**

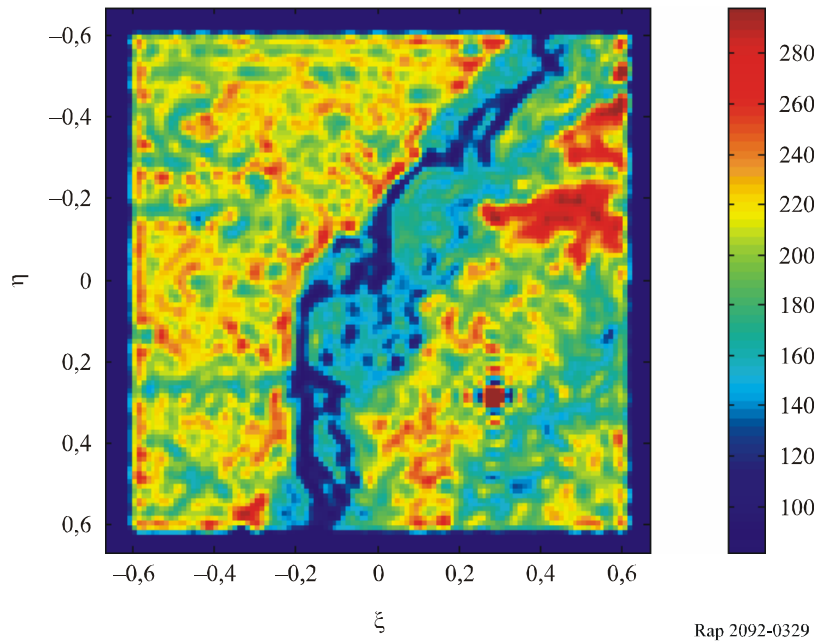


FIGURA 3-30

**Mapa de temperatura de brillo reconstruido con RFI
utilizando un nivel medio de -30 dBW**

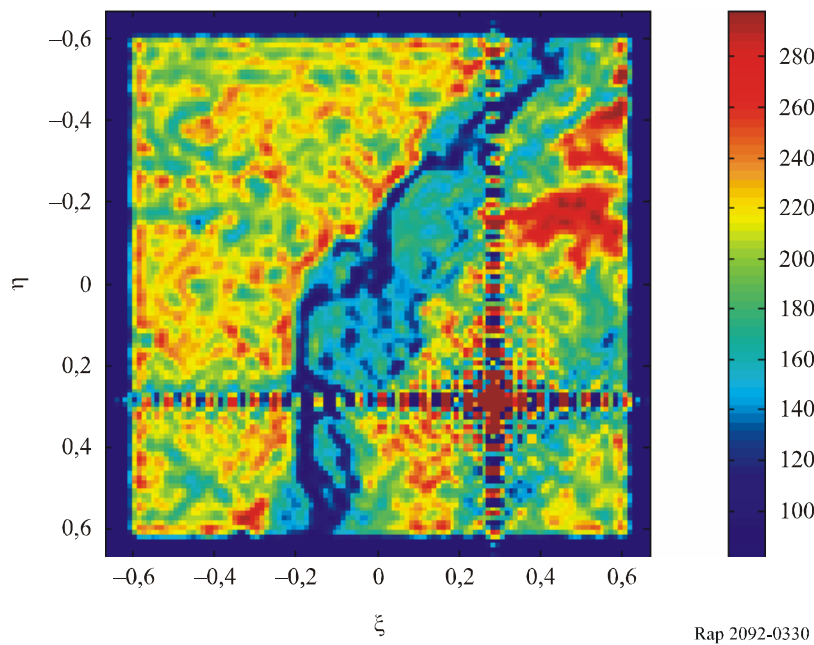


FIGURA 3-31

**Mapa de temperatura de brillo reconstruido con RFI
utilizando un nivel medio de -20 dBW**

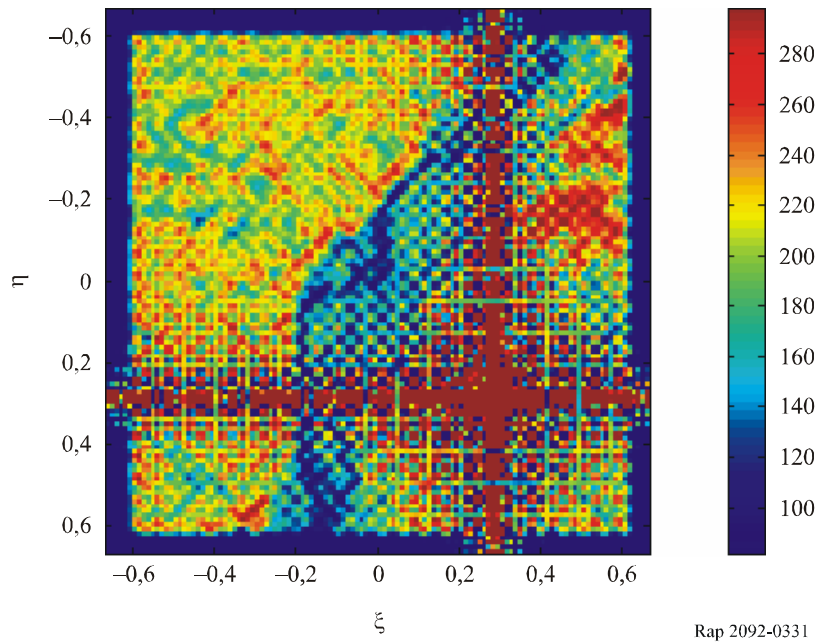
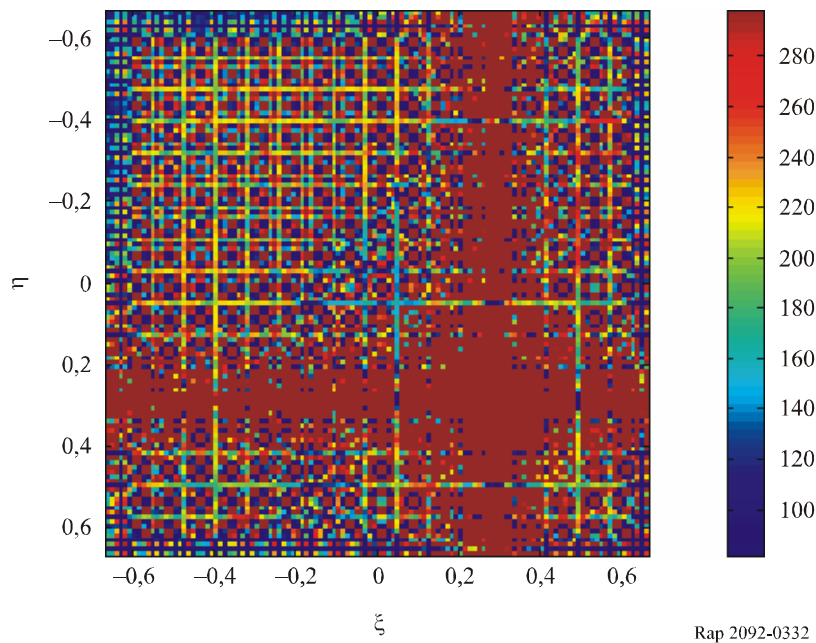


FIGURA 3-32

**Mapa de temperatura de brillo reconstruido con RFI
utilizando un nivel medio de -10 dBW**



A la vista de estos resultados, la conclusión es que las repercusiones de la interferencia a un nivel de aproximadamente -30 dB(W/27 MHz) siguen siendo apreciables, pero son coherentes con los análisis de compatibilidad que muestran que se producirá una interferencia que rebasará ampliamente los criterios de disponibilidad pero que todavía podrían obtenerse datos útiles. Aunque no es la situación ideal, una hipótesis con límites de emisiones no deseadas de aproximadamente -30 dB(W/27 MHz) representaría el límite absoluto más allá del cual las mediciones de satélite serían inutilizables.

3.5.3.2 Servicio de radiolocalización

La mayoría de los radares en la banda 1 215-1 400 MHz tendrían grandes dificultades para cumplir el criterio de protección de -174 dB(W/27 MHz) del SETS. Algunos de los radares analizados en el presente Anexo también tendrían dificultades para satisfacer el valor medio propuesto de $-28,9$ dB(W/27 MHz) para las emisiones no deseadas medidas a la salida del transmisor en la banda de frecuencias 1 400-1 427 MHz.

3.6 Resultados de los estudios

3.6.1 Resumen

En este análisis de compatibilidad se ha calculado la interferencia que pueden causar sistemas de radiolocalización en la banda adyacente inferior a la banda 1 400-1 427 MHz atribuida al SETS (pasivo).

Un límite de potencia medio en la banda pasiva de $-28,9$ dB(W/27 MHz) proporcionaría un entorno de interferencia mejorado para la explotación del SETS (pasivo) en la banda 1 400-1 427 MHz.

También se realizaron cálculos adicionales para demostrar que algunos radares de radiolocalización actualmente operacionales no pueden cumplir la restricción de un límite de potencia medio de $-28,9$ dB(W/27 MHz) medido a la salida del transmisor.

Los radares y sensores pasivos deben cumplir numerosas obligaciones reglamentarias y funcionar con las limitaciones particulares que imponen las leyes de la física.

Sobre la base de una simulación dinámica, una administración ha llegado a la conclusión de que podrá recopilar datos científicos útiles utilizando su propio sensor, aun cuando tenga que descartar hasta el 1% de las mediciones de datos en su propio territorio a consecuencia de emisiones no deseadas que rebasan el umbral de interferencia. Otra administración que realizara un análisis similar utilizando un Cuadro de atribución nacional que permitiera generalmente utilizar radares hasta la frecuencia máxima de 1 400 MHz y una instalación similar a la utilizada en el Análisis B (véase el § 3.4.2.3.2), llegaría un resultado más pesimista.

3.6.2 Conclusiones

El presente estudio de compatibilidad demuestra que si se puede considerar que los resultados de los análisis dinámicos presentados son representativos de muchos sistemas existentes, puede deducirse que varios de los sistemas de radar existentes ya cumplen el límite de potencia de emisión no deseada medio propuesto de -29 dB(W/27 MHz).

Futuras evoluciones de estos sistemas mayoritarios no tendrían consecuencias y se seguiría satisfaciendo la potencia media de emisión no deseada propuesta. En el caso de los sistemas que no cumplieran este nivel, podría recurrirse a varias técnicas de reducción de la interferencia para futuros diseños de radar.

Con un nivel medio de -29 dB(W/27 MHz) se observará una interferencia de satélite que rebasará ampliamente los criterios de disponibilidad, pero todavía podrán obtenerse datos útiles. Esta situación dista mucho de ser ideal y, de hecho, una hipótesis con límites de emisión no deseados inferiores a -29 dB(W/27 MHz) tiene consecuencias muy significativas en el funcionamiento del SETS (pasivo).

Quizá sea difícil medir y cumplir el nivel medio de -29 dB(W/27 MHz) propuesto a la salida del transmisor para emisiones del dispositivo de salida del radar superiores a 1 400 MHz. Además, el cumplimiento de estos criterios podría plantear dificultades de implementación, pero los radares cumplen los límites de emisiones no esenciales del Apéndice 3 del RR.

La aplicación de métodos teóricos de reducción de la interferencia para ayudar a los radares a cumplir el nivel de potencia medio propuesto de -29 dB(W/27 MHz) podría afectar negativamente a la calidad de funcionamiento de los radares e imponer una carga adicional significativa al servicio de radiolocalización.

Por último, el nivel medio propuesto de -29 dB(W/27 MHz) tiene repercusiones en ambos servicios.

4 Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y el servicio fijo en las bandas 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz

4.1 SETS (pasivo)

Este punto trata el servicio de localización que tiene atribuida la banda 1 350-1 400 MHz adyacente a la banda pasiva 1 400-1 427 MHz atribuida al SETS (pasivo). En el § 3.1 aparece más información sobre el SETS (pasivo).

4.2 Servicio fijo

4.2.1 Bandas de transmisión atribuidas

Las bandas de transmisión figuran en el Cuadro 3-1.

4.2.2 Aplicación

Las bandas de frecuencias 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz son utilizadas por varios tipos de aplicaciones en un gran número de países.

La Recomendación UIT-R F.758-3, «Consideraciones relativas a la elaboración de criterios para la compartición entre el servicio fijo terrenal y otros servicios», proporciona orientaciones sobre las características técnicas de los sistemas del SF que deben tenerse en cuenta al elaborar criterios para la compartición con otros servicios. En los Cuadros 8 y 9 de esta Recomendación figura una variedad de terminales del SF punto a multipunto que son representativos de los sistemas en las bandas abordadas por este estudio. Los parámetros pertinentes a estos estudios se resumen en el Cuadro 4-2 del § 4.2.4.

La Recomendación UIT-R F.1242 presenta la disposición de radiocanales para las bandas inferior y superior del SF.

4.2.3 Nivel de emisiones no deseadas

Los tres siguientes puntos recuerdan las diferentes máscaras de emisión no deseadas consideradas en los siguientes estudios.

4.2.3.1 Recomendación UIT-R SM.1541 y Apéndice 3 del RR

El Cuadro 23 del Anexo 12 a la Recomendación UIT-R SM.1541 especifica la máscara genérica para las emisiones no deseadas de equipos digitales del SF. Esta máscara aparece en el Cuadro 4-1 donde la referencia al desplazamiento de frecuencia se expresa en términos del porcentaje del desplazamiento con respecto a la frecuencia central de la emisión referida a la separación de canales del SF.

CUADRO 4-1

**Máscara espectral para el servicio fijo digital
que funciona por encima de 30 MHz.
Todos los sistemas salvo el AMDF**

Desplazamiento de frecuencia (Separación de canales %)	Atenuación (dBsd)
0	0
55	0
120	-25
180	-40
250	-40

Considerando una velocidad de transmisión típica de unos 2,4 Mbit/s con MDP-4, una emisión de 0 dBW presentaría una máxima densidad espectral de potencia de $-60,8 \text{ dB(W/Hz)}$. Para una separación de canales de 2 MHz, el plan de canalización del SF que figura en la Recomendación UIT-R F.1242 para las bandas 1 375-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz proporciona una banda de guarda de 0,5 MHz en el borde de la banda adyacente a la banda del servicio pasivo. La integración de la potencia de la emisión no deseada a lo largo de la banda pasiva 1 400-1 427 MHz utilizando la máscara de emisión no deseada de la Recomendación UIT-R SM.1541 produce un factor de emisión no deseada de $-14,6 \text{ dB}$; dicho factor se define como la relación entre la potencia de emisión no deseada en la banda pasiva y la potencia total transmitida por el SF.

El Apéndice 3 del RR proporciona los máximos niveles de potencia permitida para las emisiones no esenciales. Deben estar al menos $-x \text{ dBc}$ por debajo de la potencia media total P . La potencia P debe medirse en una anchura de banda lo suficientemente amplia como para incluir la potencia media total. Las emisiones en el dominio no esencial se miden en una anchura de banda de referencia de 1 MHz para todas las frecuencias por encima de 1 GHz. La atenuación es el valor menos restrictivo entre $43 + 10 \log(P)$ y 70 dBc .

Conviene señalar que el límite no esencial viene dado en unidades dBc mientras que la máscara de emisión no deseada se expresa en unidades dBsd. Para poder representar el límite no esencial en el mismo gráfico que la máscara de emisión no deseada, los dBc deben convertirse en dBsd.

4.2.3.2 Nivel basado en las Recomendaciones ECC (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT))

La Recomendación ECC 02-05 proporciona directrices sobre la utilización de todo el conjunto de Recomendaciones UIT-R y su relación con la Recomendación ECC 74-01 sobre emisiones no esenciales.

Los límites de emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda que figuran en la Recomendación UIT-R SM.1541 son únicamente «límites netos de seguridad» genéricos puesto que generalmente constituyen los límites de emisión en el dominio fuera de banda menos restrictivos que se han aplicado con éxito en los reglamentos nacional o regional.

Los límites para emisiones no deseadas en el dominio no esencial (límites de emisión en el dominio no esencial) de la Recomendación ECC 74-01 (Anexo 1) corresponden a los límites de Categoría B de la Recomendación UIT-R SM.329. Para la potencia de emisión no esencial proporcionada a la antena esta Recomendación indica un valor absoluto de -50 dBm en una anchura de banda de referencia dependiendo del desplazamiento de frecuencia y de la separación de canales.

Adicionalmente, en Europa, los equipos del servicio fijo que funcionan en las bandas 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz deben satisfacer las normas ETSI que son más estrictas que las correspondientes Recomendaciones UIT-R o Recomendaciones de la CEPT. En esas bandas son aplicables dos normas ETSI: la ETSI EN 300 630 y la ETSI EN 301 390.

- ETSI EN 300 630 proporciona las características de los equipos punto a punto que van a instalarse en esta banda. En particular, ofrece información sobre la máscara de emisiones en el dominio fuera de banda. Las Clases 1 y 2 representan el caso más desfavorable y han sido tenidas en cuenta en el cálculo
- ETSI EN 301 390 proporciona información sobre los límites que deben satisfacer las emisiones no deseadas en el dominio no esencial y sugiere aplicar la Recomendación ECC 74-01 para efectuar su cálculo.

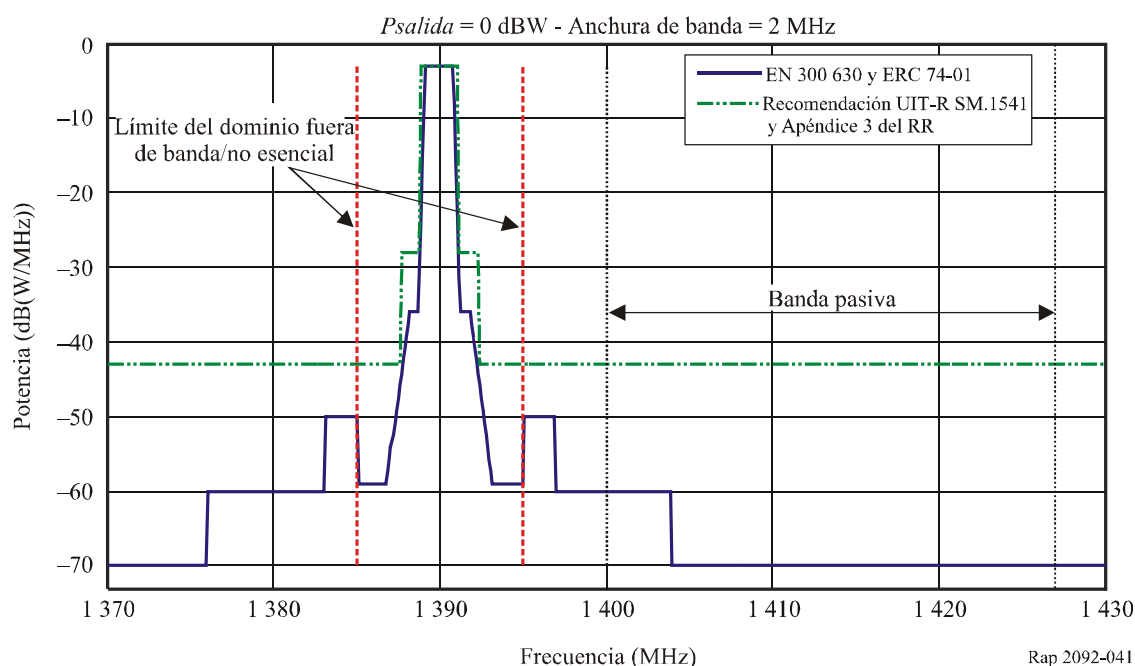
Cabe señalar que el nivel en el dominio de la emisión no deseada viene dado por una atenuación relativa comparada con la potencia proporcionada a la línea de transmisión de la antena en la anchura de banda necesaria, mientras que el nivel en el dominio no esencial viene dado por su valor absoluto. La Recomendación ECC 74-01 explica cómo tratar la frontera entre estos dos dominios.

4.2.3.3 Ejemplo

Los distintos países utilizan diferentes planes de frecuencias (frecuencias centrales de canal y anchuras de banda). Este punto presenta una visión de conjunto de las diferentes máscaras para una determinada configuración del servicio fijo. Como ejemplo se ha considerado una potencia de emisión de 0 dBW (es decir, p.i.r.e. menos máxima ganancia de antena) y una anchura de banda de canal de 2 MHz. Su frecuencia central es 1 390 MHz como ilustra la Fig. 4-1.

FIGURA 4-1

Nivel de emisión no deseada para distintos canales de frecuencia



Es evidente que las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda pasiva dependen de la anchura de banda del canal, del desplazamiento de la frecuencia central y de la potencia.

El factor de atenuación de la emisión no deseada se define como la relación entre la potencia de emisión no deseada integrada en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz y la potencia entregada a la antena del SF en la banda activa.

En este ejemplo se ha considerado un valor de 52 dB como factor de atenuación de la emisión no deseada.

4.2.4 Características del transmisor

CUADRO 4-2

Parámetros del sistema punto a punto del SF

Parámetro	Valor
Modulación	MDP 4
Separación de canales	25 kHz a 2 MHz
Ganancia de antena	8 a 31 dBi (Yagi o parabólica)
Pérdidas en el alimentador	3 dB
Máxima p.i.r.e.	0 a 37,5 dBW

4.2.5 Características de funcionamiento de los sistemas punto a punto (P-P)

Los siguientes datos sobre distribución de ganancia de antena y ángulo de elevación del SF son representativos de los enlaces del servicio fijo instalados en los países de la CEPT.

FIGURA 4-2

Distribución de ángulos de elevación del SF

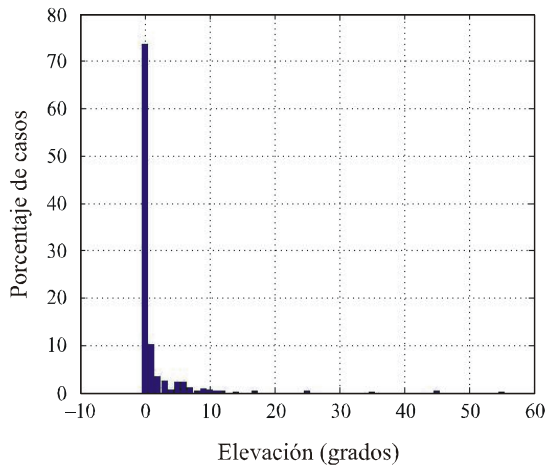
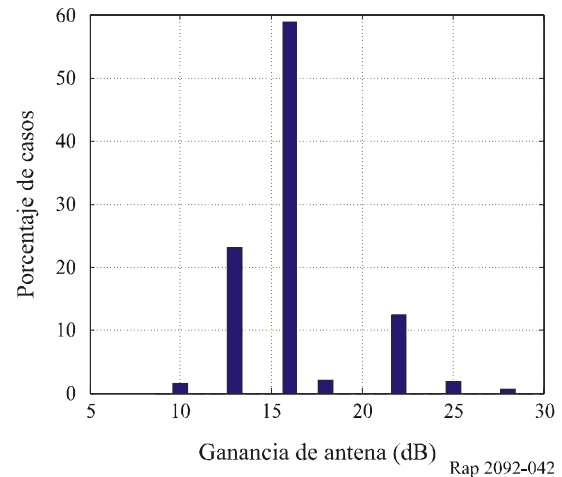


FIGURA 4-3

Distribución de las máximas ganancias de antena del SF



Rap 2092-042

En el Cuadro 4-3 aparece el porcentaje de enlaces de fijos para los valores más comunes de anchura de banda de canal.

CUADRO 4-3

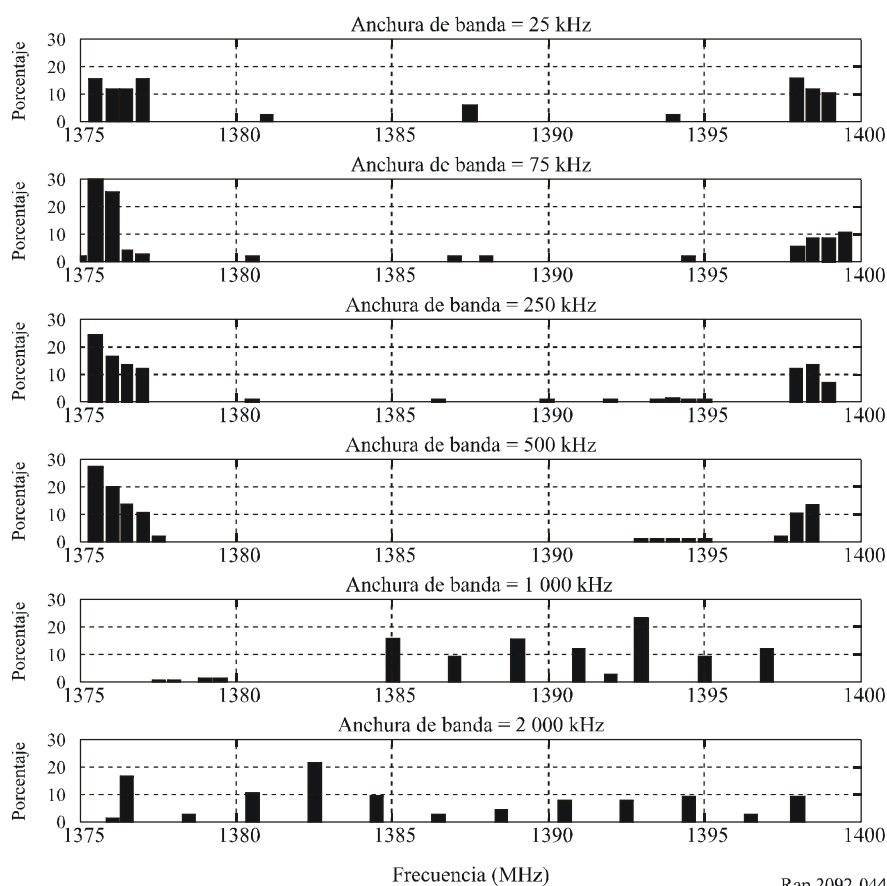
Distribución de la separación de canales punto a punto del SF en países de la CEPT

Separación de canales	Porcentaje de casos
25 kHz	4
75 kHz	6,7
250 kHz	53,7
500 kHz	8,3
1 MHz	21,1
2 MHz	6,2

Para cada una de estas separaciones de canales, se determinó una ley de distribución de la frecuencia central estimada a partir de los valores reales obtenidos de las distintas administraciones. Dicha ley de distribución aparece representada en la Fig. 4-4. Puede observarse la banda de guarda de 0,5 MHz adyacente a la banda pasiva.

FIGURA 4-4

Distribución de la frecuencia central para distintas anchuras de banda de canal



Rap 2092-044

4.3 Estudios de compatibilidad

4.3.1 Metodología utilizada para evaluar el nivel de interferencia

También se está realizando un estudio de interferencia combinada mediante simulaciones informáticas utilizando técnicas de modelado dinámico para elaborar una distribución estadística estimada de los niveles de interferencia producida por un modelo representativo de instalación de estaciones del SF a fin de compararlo con los requisitos de protección especificados en el § 3.1.3 en términos de porcentaje de la zona de medición en la que se rebasa el nivel umbral de potencia de interferencia.

4.3.2 Cálculo de los niveles de interferencia combinada utilizando simulación con modelo dinámico

4.3.2.1 Primer análisis

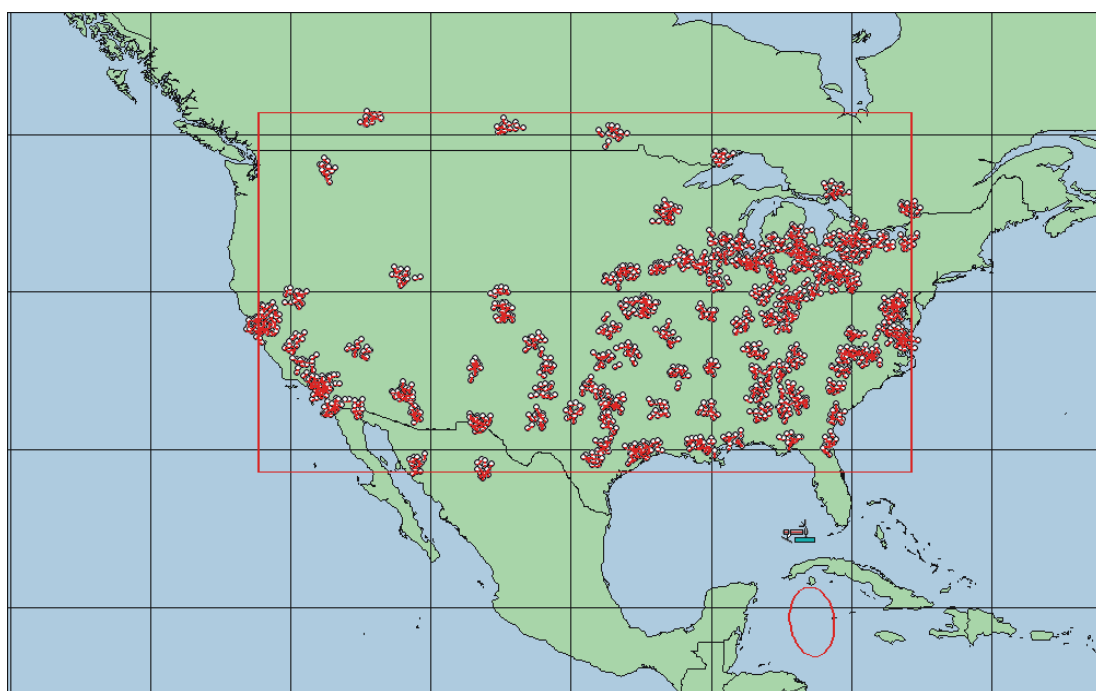
Puede realizarse una evaluación preliminar de la interferencia combinada causada por estaciones del SF que funcionan en bandas adyacentes utilizando una simulación con modelo dinámico para una hipotética distribución geográfica de estaciones del SF. La Fig. 4-5 ilustra un modelo supuesto de instalación de estaciones del SF que consiste en 10 enlaces bidireccionales del SF ubicados aleatoriamente en las proximidades de cada una de 132 ciudades de América del Norte. Estas ciudades están situadas dentro de una zona de medición de 10 000 000 km² limitada por las coordenadas 51,375° N, 75,695° W, 28,625° N y 122,305° W.

Los parámetros del SF (p.i.r.e. y diagrama de antena de referencia) utilizados en esta simulación de ejemplo se basan en una antena de 31 dBi de ganancia y parábola de 3 m de diámetro. Las coordenadas de un extremo de cada uno de los enlaces del SF en la simulación se eligió aleatoriamente para que estuviesen a una distancia comprendida entre 20 y 70 km de su ciudad asociada. Se eligió para el enlace un acimut aleatorio y las coordenadas del otro extremo del enlace se calcularon para que estuviesen sobre este acimut a una distancia de 35 km. Se supuso un ángulo de elevación de 0° en cada extremo del enlace. Con la densidad supuesta de 10 enlaces del SF punto a punto por cada ciudad en este modelo hipotético de instalación del SF, el número total de transmisores del SF en la simulación fue de 2 640.

El programa informático simuló 15 días de órbita de satélite con intervalos de tiempo de 72 ms. La Fig. 4-6 presenta la función distribución acumulativa para el nivel de interferencia combinada recibida en el sensor pasivo durante los intervalos de tiempo en los cuales el satélite estaba a la vista de la zona de medición representada en la Fig. 4-5.

FIGURA 4-5

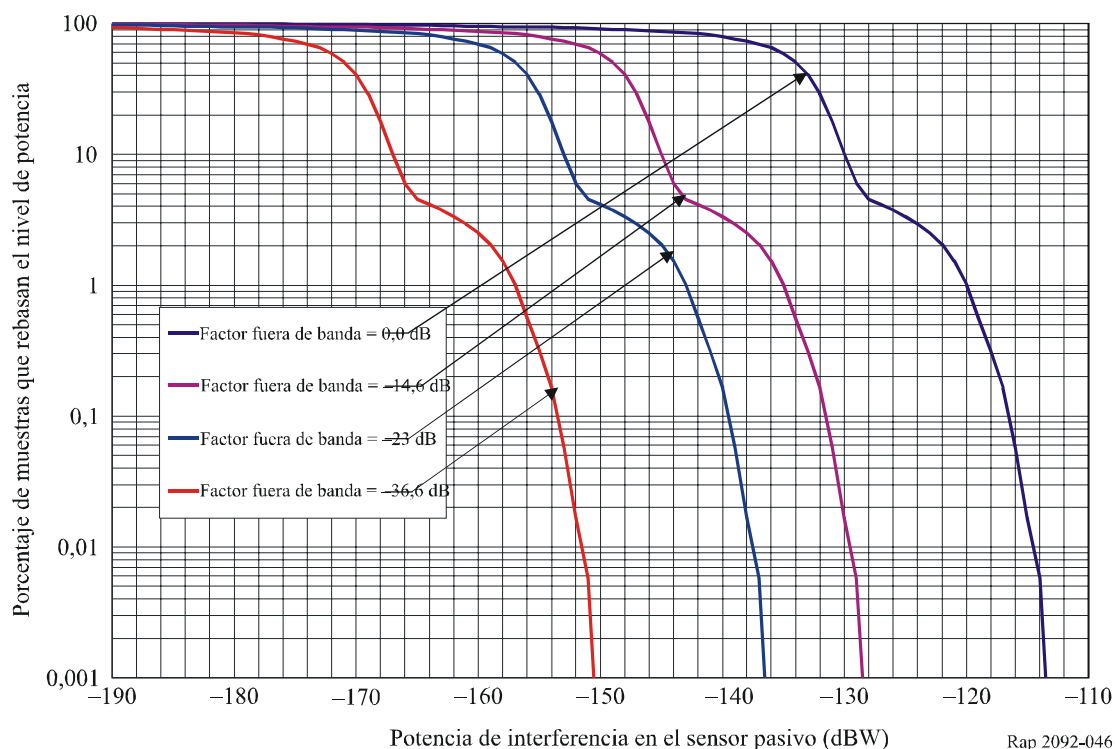
Zona de medición de América del Norte para la simulación con modelo dinámico



Rap 2092-045

FIGURA 4-6

Distribución acumulativa del nivel de interferencia combinada en el sensor pasivo producida por la simulación con modelo dinámico



4.3.2.2 Segundo análisis

Otro modelo dinámico de simulación consideró una instalación de 3 000 enlaces del FS punto a punto con las características de funcionamiento indicadas en el § 4.2.5.2. La discriminación por ganancia de antena viene dada por la aplicación de la Recomendación UIT-R F.1245.

La metodología propuesta consistió en calcular la interferencia combinada con una potencia dentro de la banda pasiva entregada a la antena de 0 dBW. En consecuencia, la diferencia entre el valor de la interferencia observada por el sensor pasivo durante el 0,1% del tiempo y el valor umbral (-174 dBW dentro de la banda pasiva) supondrá la máxima potencia admitida admisible para cualquier sistema del SF dentro de la banda 1 400-1 427 MHz.

Los resultados se representan en la Fig. 4-8.

FIGURA 4-7

Instalación de enlaces del SF punto a punto en la banda de 1,4 GHz

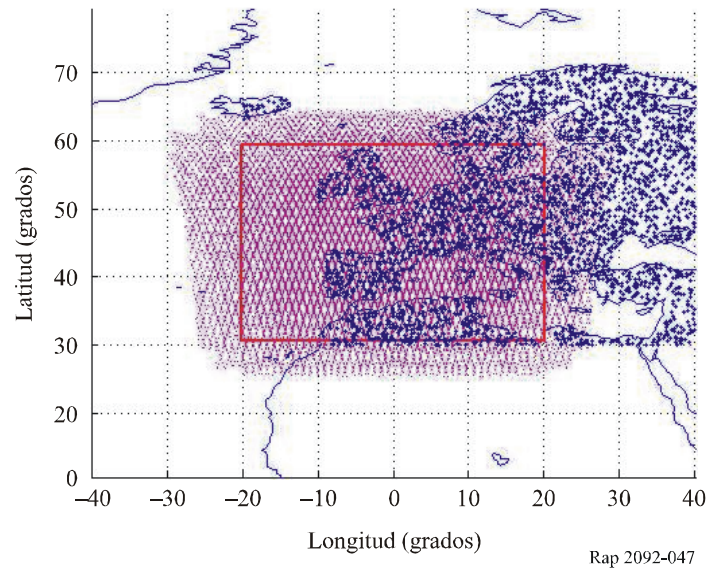
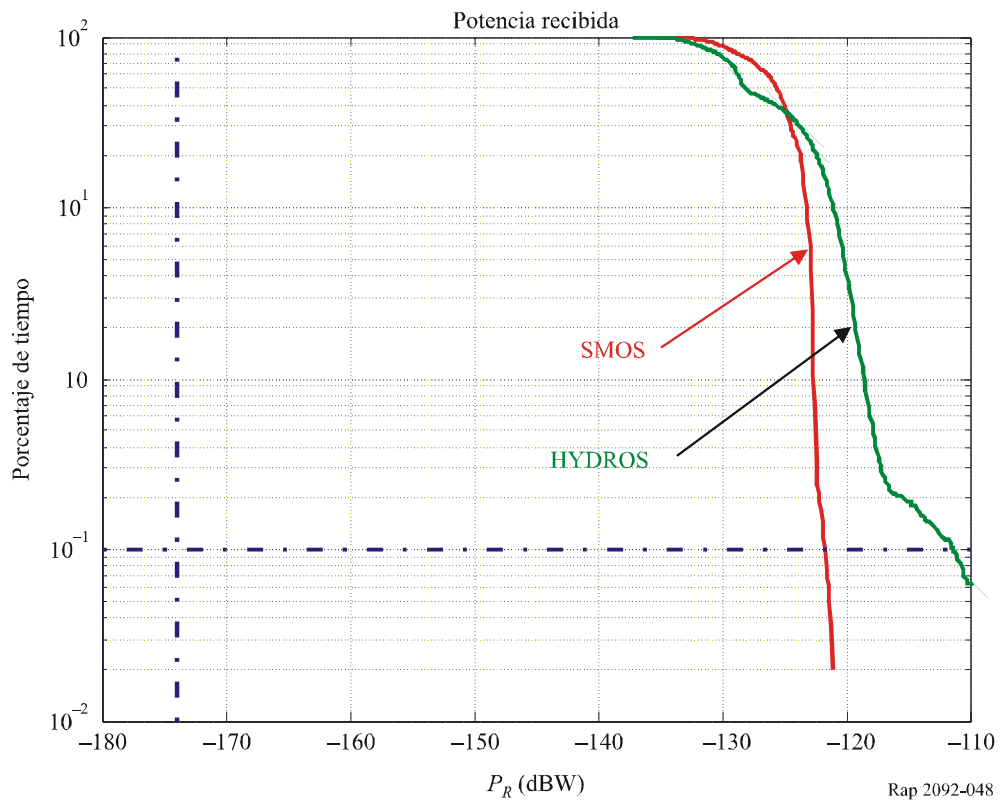


FIGURA 4-8

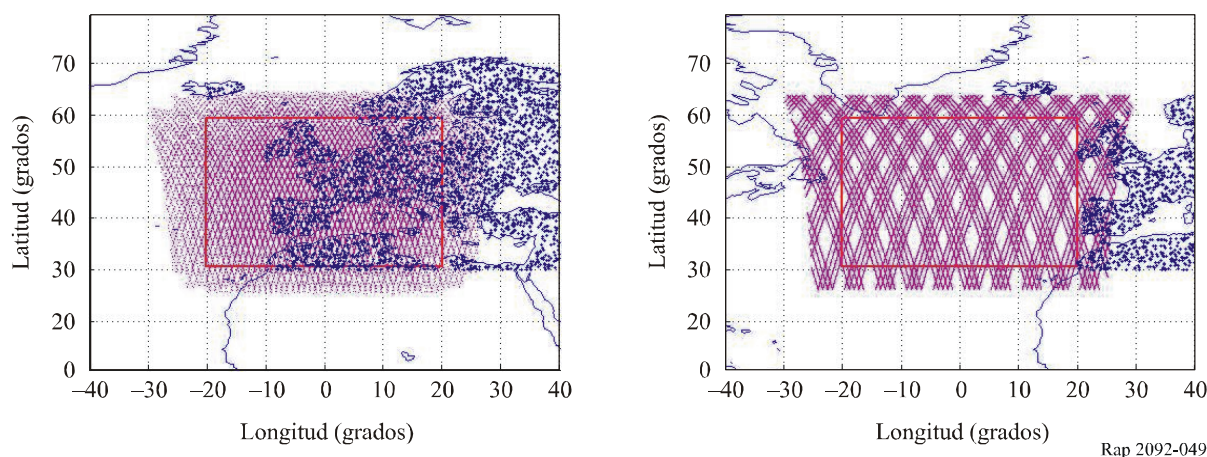
Resultados de la simulación para el caso punto a punto



SMOS tiene dos misiones: medición de la humedad del suelo y de la salinidad de los océanos. La interferencia recibida por el SMOS al realizar las mediciones sobre el océano se representa en la Fig. 4-9.

FIGURA 4-9

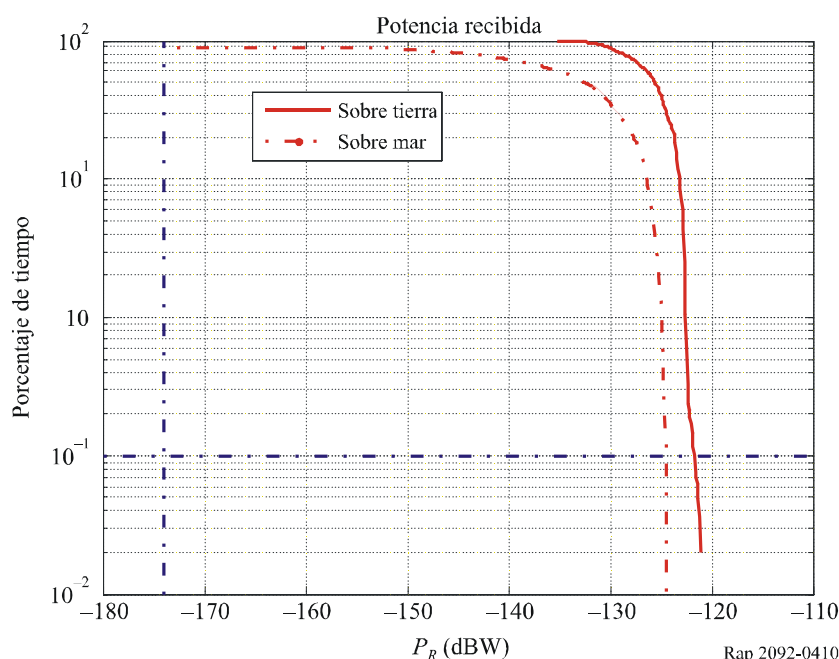
SMOS: Medición sobre tierra y mar



Rap 2092-049

FIGURA 4-10

Resultados de la simulación para el sensor SMOS



Rap 2092-0410

En este caso, la interferencia es 5 dB inferior aunque la zona de medición no está lejos de las costas donde se han instalado los enlaces del SF. Cabe señalar que HYDROS se ha diseñado únicamente para realizar mediciones de la humedad del suelo y, por consiguiente, sólo llevará a cabo mediciones sobre tierra. La misión de la NASA dedicada a medir la salinidad del mar es AQUARIUS. En consecuencia, esto no se aplica a HYDROS.

Estas simulaciones demuestran que, considerando 3 000 sistemas del SF punto a punto instalados en una amplia zona y un nivel de potencia entregado a la antena de 0 dBW dentro de la banda pasiva, el nivel de interferencia será en torno a -111 dBW para HYDROS y -121 dBW para SMOS durante el 0,1% del tiempo (compárese con el nivel de -174 dBW que figura en la Recomendación UIT-R RS.1029).

La diferencia entre la potencia de interferencia y el criterio de protección proporciona el máximo límite de potencia de emisión no deseada que podría permitirse respetando el criterio de protección. Este límite es:

- -53 dBW para el sensor SMOS;
- -63 dBW para el sensor HYDROS.

El sensor SMOS es menos sensible a la interferencia porque está compuesto de un sistema de antenas de baja ganancia con una máxima ganancia de 9 dBi. El sensor HYDROS emplea una antena de alta ganancia con una máxima ganancia de antena de 35 dBi, es decir, 26 dB superior.

4.3.2.3 Tercer análisis

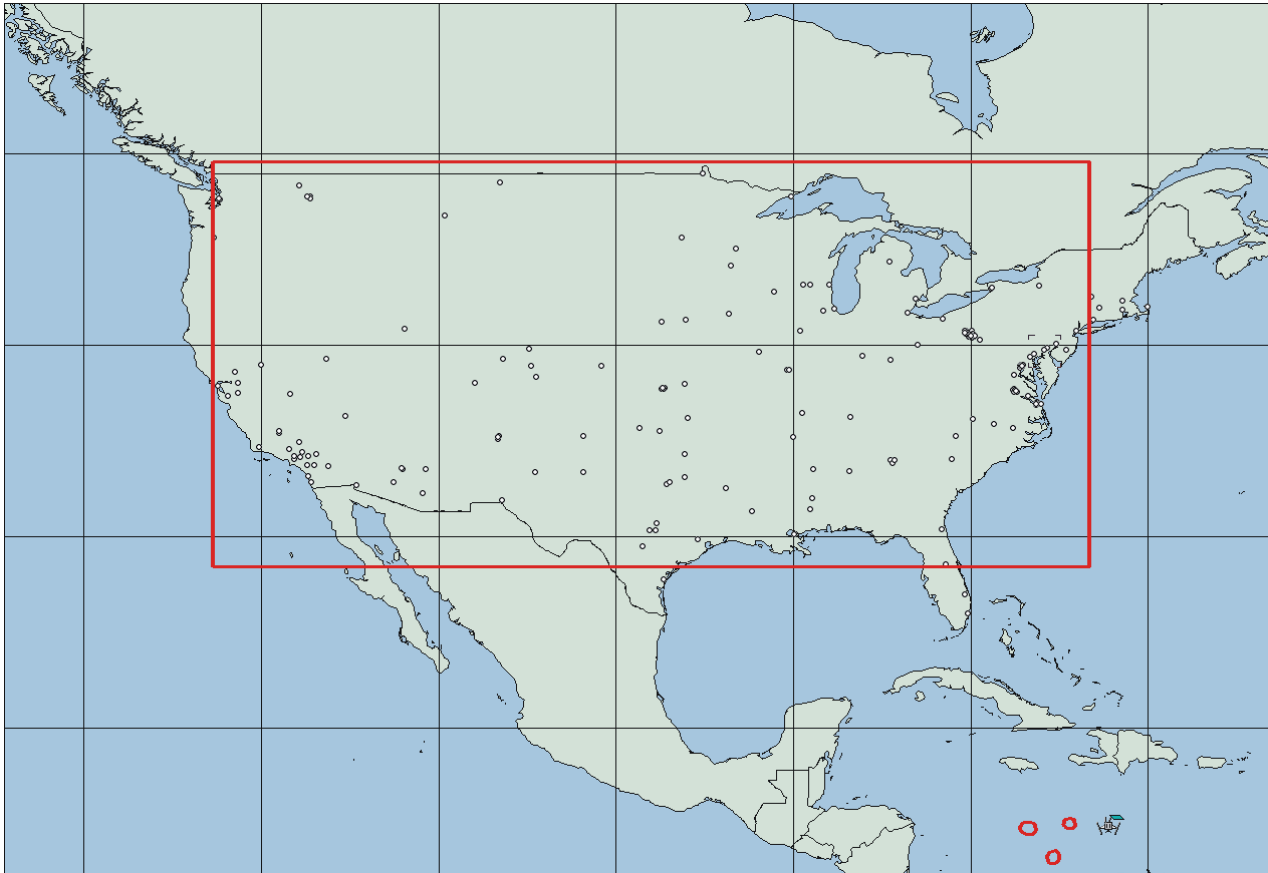
Los datos disponibles públicamente sobre estaciones con licencia en una administración se agruparon en un formato que permitía la construcción de un modelo de simulación dinámica en el que los modelos de la estación de simulación tenían las mismas características que las estaciones con licencia en cuanto a emplazamientos, potencias y frecuencias asignadas. Esta base de datos contenía 2 168 asignaciones de frecuencia en la banda 1 427-1 452 MHz para 67 estaciones con licencia. La mayoría de las estaciones se clasificaban como estaciones de pruebas en vuelo de aeronaves o proporcionaban servicios de teledata tales como el servicio privado de radiocomunicaciones móviles terrestres.

Esta base de datos no incluye ni operaciones de teledata médica inalámbricas actualmente autorizadas en las bandas 1 395-1 400 MHz y 1 427-1 432 MHz, ni ciertas estaciones radioeléctricas gubernamentales ni futuras estaciones del servicio fijo a las que aún debe concederse licencia en las bandas 1 390-1 392 MHz y 1 392-1 395/1 432-1 435 MHz.

La Fig 4-11 ilustra esta instalación de estaciones transmisores del SF así como la zona de medición del sensor pasivo en la cual se obtuvieron las estadísticas de interferencia mediante el modelo de simulación. Los distintos puntos representan las 67 estaciones incluidas en la base de datos de estaciones con licencia para esta banda. La mayoría de las estaciones tienen licencia para realizar operaciones especificadas dentro de un radio en torno a un emplazamiento específico y a menudo incluyen la autorización de decenas a miles de estaciones móviles asociadas, y la latitud y longitud del emplazamiento de la estación de base se utilizó en la simulación como emplazamiento de la estación de base. Varias estaciones se clasificaron como fijas de forma temporal y se asignó aleatoriamente a tales estaciones un emplazamiento dentro de la zona de medición de 10 000 000 km². En todos los casos, sólo se incluyó una estación por asignación de frecuencia en el modelo de instalación a la potencia transmitida indicada en la licencia para esa asignación de frecuencia.

La gama de potencias de transmisión oscila entre 0,6 W y 25 W y las anchuras de banda de emisión, entre 1 kHz y 20 MHz. En la mayoría de los casos, la licencia no incluía los niveles de potencia radiada y en esta simulación se supuso que todas las estaciones utilizaban antenas omnidireccionales. Se calculó para cada estación la potencia de emisión no deseada que caía en la banda (pasiva) del SETS 1 400-1 427 MHz integrando la máscara de emisión que figura en la reglamentación nacional aplicable basada en la frecuencia asignada y en la anchura de banda necesaria de la asignación de frecuencia con licencia. Estos valores oscilaron entre $-28,7$ y $1,3$ dB(W/27 MHz).

FIGURA 4-11

Estaciones con licencia instaladas en Estados Unidos de América

Rap 2092-0411

Las simulaciones para este modelo de instalación se realizaron en la zona de medición de $10\,000\,000\text{ km}^2$ comprendida entre $28,4234^\circ\text{ N}$ y $49,5766^\circ\text{ N}$ y entre $73,3159^\circ\text{ W}$, $122,6841^\circ\text{ W}$, como aparece en la Fig. 4-11. Las simulaciones se llevaron a cabo suponiendo que todas las estaciones funcionaban de manera continua y suponiendo igualmente un factor operacional del 50% eliminando la mitad de las asignaciones de frecuencia a estaciones con dos o más asignaciones y la mitad de estaciones con una sola asignación de frecuencia.

Las simulaciones se realizaron para producir funciones de distribución acumulativa a lo largo de un periodo de simulación de 3 días con un valor del intervalo de tiempo de 72 ms para HYDROS y de 1 s para Aquarius cuando el sensor pasivo era capaz de muestrear puntos dentro de la zona de medición. Las funciones de distribución acumulativa de la interferencia causada por estaciones con licencia al sensor pasivo en la banda 1 400-1 427 MHz se representan en las Figs. 4-12 y 4-13. La integración de las emisiones no deseadas procedentes de una señal de banda estrecha en una anchura de banda del sensor pasivo de 27 MHz utilizando la máscara de emisión reglamentaria probablemente sobrestimará el nivel de emisión no deseada emitido realmente. Por esta razón, la simulación incluyó el caso en que las emisiones no deseadas de cada estación en el modelo de instalación se limitaban uniformemente a -45 dB(W/27 MHz) en la banda del SETS (pasivo), que es un valor 30 dB por debajo del nivel medio de potencia de emisión no deseada calculado integrando la máscara de emisión reglamentaria. La potencia de interferencia rebasada en más del 0,1% de la zona de medición en los sensores pasivos, que indica las Figs. 4-12 y 4-13, se encuentra entre -115 y -124 dB(W/27 MHz) suponiendo los parámetros de la estación con licencia, y entre -145 y -154 dB(W/45 MHz) para el caso uniforme, -45 dB(W/27 MHz) . Las Figs. 4-12 y 4-13 incluyen el caso adicional en el que cada estación del SF en la simulación dinámica funciona con un nivel de emisión no deseada de $-28,9\text{ dB(W/27 MHz)}$ en la banda del SETS (pasivo) a fin de

compararlo con los resultados de un análisis estático en el que este nivel se supone como un valor medio para suavizar la dinámica de los movimientos del haz del radar y el salto de frecuencias.

FIGURA 4-12

Función de distribución acumulativa de la interferencia del SF – HYDROS

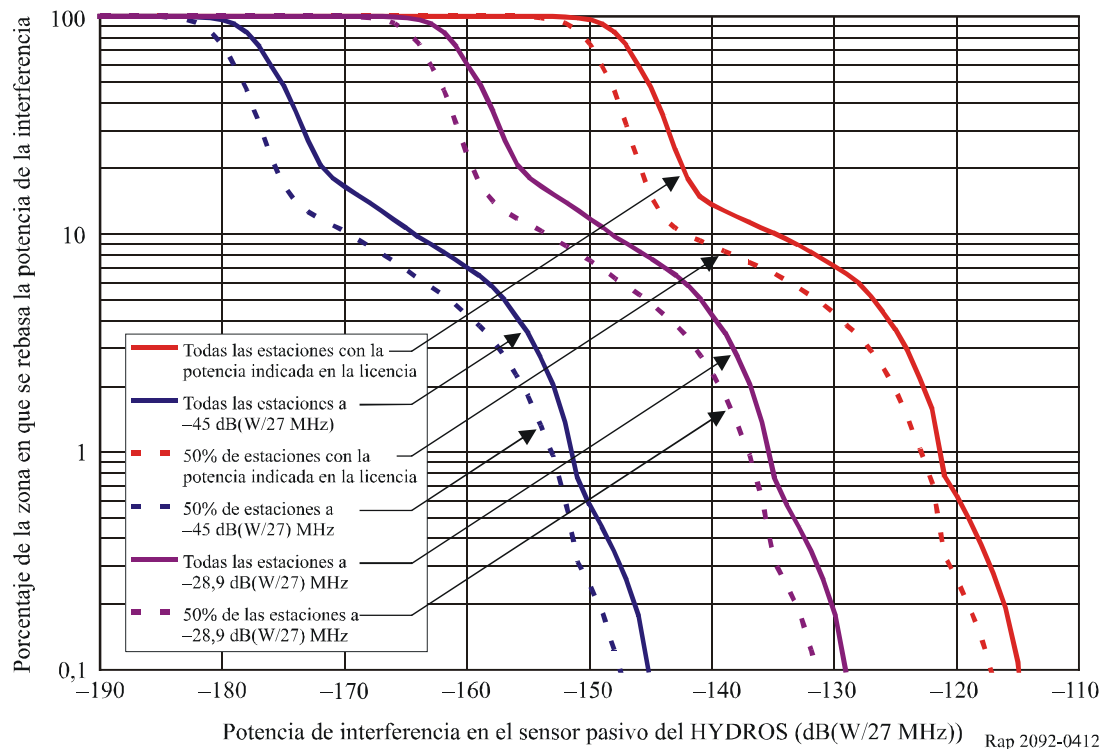
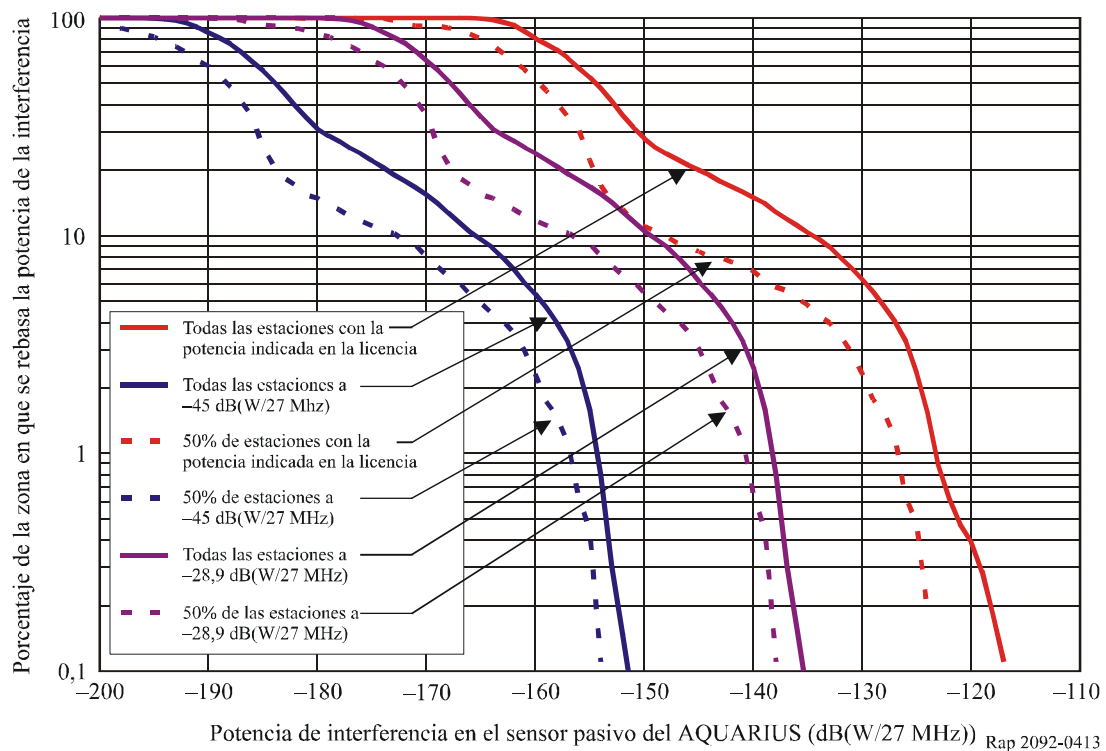


FIGURA 4-13

Función de distribución acumulativa de la interferencia del SF – Aquarius



4.3.3 Valores obtenidos

En el § 4.3.2.1 aparece un análisis de simulación para el sensor HYDROS en el caso de una instalación del SF de 2 640 estaciones en torno a zonas urbanas situadas en una superficie de 10 000 000 km². Este estudio indica que los criterios de interferencia admisible combinada de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se satisfacen si el nivel en el puerto de antena de la potencia de emisión no deseada del SF en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz no rebasa el valor de -53 dB(W/27 MHz).

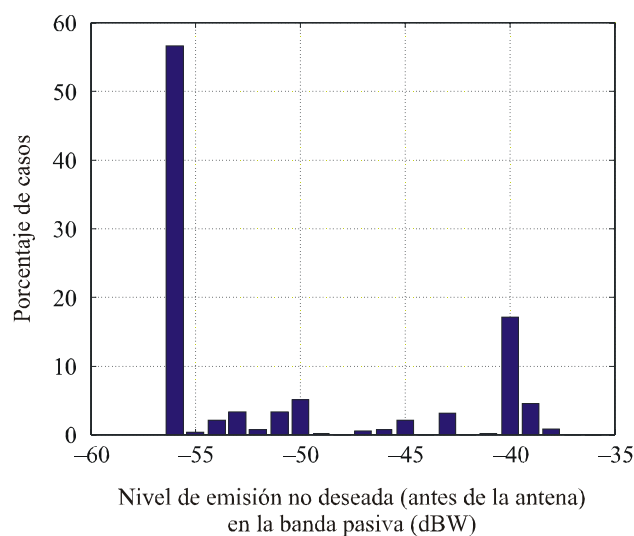
Otro estudio demuestra que, considerando 3 000 sistemas del SF punto a punto instalados en una amplia zona con las características representativas indicadas en el § 4.2.5.2, el umbral de interferencia no se rebasa durante más del 0,1% del tiempo si la potencia de emisión no deseada en el puerto de antena dentro de la banda pasiva es inferior -53 dBW para el sensor SMOS y -63 dBW para HYDROS.

Una tercera simulación en la que intervienen 2 168 asignaciones de frecuencia con licencia en una administración indica que el criterio de interferencia combinada del SETS (pasivo) no se rebasa si la potencia de emisión no deseada que cae en la banda 1 400-1 427 MHz no supera los valores de -71 a -65 dB(W/27 MHz).

Como ejemplo, la Fig. 4-14 muestra la potencia de emisión no deseada en el puerto de la antena que cae dentro de la banda pasiva 1 400-1 427 MHz cuando se consideran las normas ETSI, una banda de guarda de 0,5 MHz incluida en la Recomendación UIT-R F.1242 y una instalación típica de enlaces del SF en países de la CEPT. La mayoría de estos valores se encuentran en la gama de -56 a -38 dBW. Cabe señalar que las emisiones no deseadas procedentes de aproximadamente el 50% de los enlaces del SF existentes que cumplen esta norma no rebasan el valor de -55 dB(W/27 MHz), y aproximadamente el 95% no rebasan el valor de -40 dB(W/27 MHz), en la banda 1 400-1 427 MHz. No obstante, debe mencionarse que las normas del ETSI pueden sobrestimar los niveles no esenciales especialmente para los enlaces del SF cuya frecuencia central se encuentra muy alejada de la banda pasiva o con una estrecha separación de canales.

FIGURA 4-14

Distribución del nivel de emisión no deseada en la banda pasiva



Rap 2092-0414

Las características del SF utilizadas en estos estudios son las que figuran en la Recomendación UIT-R F.758 relativas a los estudios de compartición entre el SF y otros servicios. Además, algunas administraciones emplean la banda por encima 1 427 MHz para sistemas del SF punto a multipunto cuyas características pueden diferir de las especificadas en la citada Recomendación UIT-R F.758. Cabe señalar que estos estudios se basan en simulaciones en que intervienen únicamente sistemas del SF punto a punto y que las conclusiones de estos estudios puede que no sean aplicables a los sistemas punto a multipunto.

4.4 Técnicas de reducción para interferencias

4.4.1 Servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo)

Debido a la anchura limitada de la banda atribuida de 27 MHz, toda reducción en la anchura de banda del sensor pasivo disminuirá su sensibilidad y afectará negativamente a la calidad de los resultados científicos extraídos de las mediciones de datos.

4.4.2 Servicio fijo

Un mayor desplazamiento de frecuencia entre la frecuencia central y los bordes de la banda pasiva puede considerarse como una posible técnica de reducción de la interferencia. Este desplazamiento debe ser mayor del 250% de la anchura de banda necesaria para que la banda pasiva caiga en el dominio no esencial. El requisito de una banda de guarda que rebase la proporcionada por el plan de canalización de la Recomendación UIT-R F.1242 puede imponer una restricción indebida al SF.

4.4.3 Posible repercusión

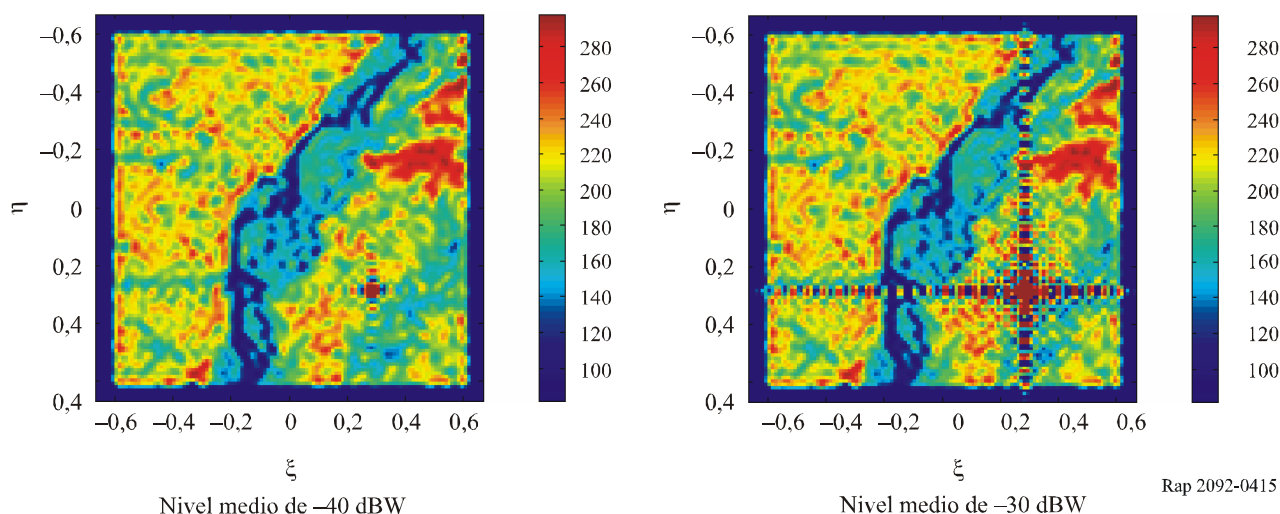
4.4.3.1 Servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo)

Los actuales y futuros sensores pasivos utilizados en la anchura de banda de frecuencia correspondiente no son capaces de discriminar entre las emisiones naturales deseadas y las emisiones artificiales no deseadas. Por lo tanto, existe el riesgo de realizar mediciones degradadas en varias zonas si los niveles de emisiones no deseadas combinadas rebasan los que se han supuesto en el análisis. Los datos obtenidos con mediciones degradadas podrían repercutir negativamente en las iniciativas de asociaciones internacionales para obtener datos completos a escala mundial, regional o nacional a fin de satisfacer las necesidades de información sobre el medio ambiente y para apoyar los programas de mediciones científicas sobre el medio ambiente.

Se ha realizado una simulación con objeto de evaluar la influencia de la interferencia en el SMOS para distintos valores de potencia de emisión no deseada media en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz procedente de un solo transmisor. La Fig. 4-15 muestra el mapa de temperatura del brillo de la fuente utilizado como punto de partida para el simulador.

FIGURA 4-15

Mapa de temperatura de brillo de entrada que representa un segmento del Río Amarillo cerca de Xi'an, ciudad situada al noroeste de China



El campo de visión utilizado en la simulación es de unos 70° , lo que corresponde a una zona mayor de $1\,000 \times 1\,000$ km.

4.4.3.2 Servicio fijo

En Europa, el nivel de emisiones no deseadas viene dado por las normas ETSI EN 302 217 (aplicaciones punto a punto) y EN 301 753 (aplicaciones punto a multipunto), respectivamente. Los límites de emisiones no esenciales figuran en la norma EN 301 390 referida a los límites de la Recomendación ECC 74-01 correspondientes a los límites de Categoría B en la Recomendación UIT-R SM.329-7. Los límites de emisiones no deseadas en estas normas ETSI son más estrictos que los niveles de emisión no deseada que figuran en la Recomendación UIT-R SM.1541. Además, los niveles de emisión no deseada utilizados por los equipos reales a menudo caen por debajo de los niveles especificados en la citada Recomendación UIT-R SM.1541.

A título de ejemplo, aplicando la máscara de emisión no deseada (Clases I y II) en la norma ETSI pertinente, y suponiendo una salida del transmisor de -10 dBW⁴ y una máxima separación de canales de 3,5 MHz, el nivel de emisión no deseada procedente del canal adyacente es -33 dBW (anchura de banda de referencia = 3,5 MHz). Ello significa más de 20 dB por encima del límite propuesto de -53 dB(W/27 MHz). Aplicando una banda de guarda de 3,5 MHz, el nivel de emisión no deseada es -55 dBW (anchura de banda de referencia de 3,5 MHz); es decir, aún sigue estando por encima del límite propuesto cuando se convierte a la anchura de banda del SETS de 27 MHz. En ausencia de filtrado adicional, se necesita una banda de guarda relativamente grande para satisfacer el límite propuesto pero el plan de canalización del SF que figura en la Recomendación UIT-R F.1242 proporciona una banda de guarda no superior a 0,5 MHz.

Para separaciones de canal hasta 250 kHz en la Recomendación UIT-R F.1242, la mayoría del espectro no deseado en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz pertenece al dominio no esencial. Para los enlaces del SF cuya frecuencia central está alejada de la banda pasiva, la integración de tal nivel no esencial (-80 dBW en una anchura de banda de referencia de 100 kHz) da lugar a una potencia no deseada inferior a -56 dB(W/27 MHz), inmediatamente por debajo del umbral propuesto cualquiera que sea la potencia de emisión.

⁴ De conformidad con la Recomendación UIT-R F.758, están funcionando sistemas del SF que utilizan niveles de potencia de hasta +5 dBW.

En resumen, algunos sistemas del SF pueden tener dificultades en satisfacer el límite de emisión no deseada propuesto, especialmente los que utilizan separaciones de canal superiores a 250 kHz y hasta un máximo de 3,5 MHz como figura en la Recomendación UIT-R F.1242. Una solución podría ser asignar prioritariamente las frecuencias centrales más próximas de la banda pasiva a los enlaces del SF con separación de canales estrecha. En consecuencia, las emisiones no deseadas que caigan en la banda pasiva pertenecerían al dominio no esencial.

4.5 Resultados de los estudios

4.5.1 Resumen

Este punto aborda el análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS pasivo que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y el servicio fijo en las bandas 1 350-1 400 MHz y 1 427-1 452 MHz.

Los dos primeros puntos proporcionan información sobre los sistemas del SETS y del servicio fijo. El siguiente punto se centra en el estudio de compatibilidad y realiza el cálculo de los niveles de interferencia basándose en tres simulaciones dinámicas de instalaciones de enlaces del SF punto a punto en América del Norte o Europa. Esos estudios consideraron instalaciones de 2 000 a 3 000 enlaces del SF a lo largo de una superficie de unos 10 000 000 km². Estos estudios demuestran que la interferencia producida simplemente por el SF rebasaría el criterio de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) si la densidad de potencia de emisión no deseada en el puerto de entrada de la antena del transmisor de las estaciones del SF rebasa el valor de -71 a -53 dB(W/27 MHz), dependiendo del sensor pasivo, suponiendo unas características concretas de la estación del SF y aplicando el modelo de instalación del estudio en particular.

Sin embargo, algunos sistemas del SF pueden tener dificultades para satisfacer dicho límite de emisión no deseada propuesto, especialmente los que utilizan separaciones de canal superiores a 250 kHz y hasta un máximo de 3,5 MHz como figura en la Recomendación UIT-R F.1242. En virtud del mínimo cumplimiento de la norma EN 300 630 (máscara de emisiones no deseadas), la Recomendación CEPT 74-01, límites para emisiones en el dominio no esencial, y la Recomendación CEPT T/R 13-01 (disposición de canales de frecuencia), las emisiones no deseadas procedentes de aproximadamente el 50% de los enlaces del SF existentes en los países de la CEPT no rebasan el nivel de -55 dB(W/27 MHz) y aproximadamente el 95% no rebasan un nivel de emisión no deseada de -40 dB(W/27 MHz) en la banda 1 400-1 427 MHz, sin considerar el grado en el cual los sistemas reales rebasan los requisitos de la norma CEPT.

4.5.2 Conclusiones

Considerando una instalación de 2 000 a 3 000 enlaces del SF dentro de las zonas de instalaciones estudiadas se ha demostrado que el criterio de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) se satisface si la potencia de emisión no deseada en el puerto de la antena que cae dentro de la banda pasiva no rebasa el valor de -71 a -53 dB(W/27 MHz) en el puerto de la antena dependiendo del sensor pasivo, suponiendo unas características concretas de la estación del SF y aplicando un modelo de instalación del estudio en particular. También se ha demostrado que los enlaces del SF existentes en los países de la CEPT que cumplen la norma EN 300 630 para la máscara de emisión no deseada, la Recomendación CEPT 74-01 para el dominio no esencial, y la Recomendación CEPT T/R 13-01 para la disposición de canales de frecuencia son compatibles con el valor de -53 dB(W/27 MHz) en aproximadamente el 50% de los casos y con el valor -40 dB(W/27 MHz) en el puerto de la antena en aproximadamente el 95% de los casos. La limitación de la potencia de emisión no deseada de un transmisor del SF punto a punto en estas bandas a un nivel entre -53 y -40 dB(W/27 MHz) en el puerto de la antena que cae adentro de la banda del SETS (pasiva) no debe suponer una carga indebida al SF. Si bien los niveles de interferencia admisible de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se rebasarán si los niveles de emisión no deseada producida por todas las estaciones del SF caen en la parte superior de esta gama, la limitación de las emisiones no

deseadas del SF a dicha gama debe seguir permitiendo a los sensores pasivos llevar a cabo sus misiones en la banda 1 400-1 427 MHz. La parte inferior de esta gama proporciona mayor protección del SETS (pasivo) pero impone un nivel más elevado de restricciones sobre el SF, mientras que la parte superior de esta gama daría lugar a menos restricciones impuestas al SF pero produciría mayores niveles de interferencia en el SETS (pasivo).

Puede lograrse una interferencia aceptable si la potencia no deseada en la banda pasiva es inferior a -45 dB(W/27 MHz) en el puerto de la antena, ya que puede apreciarse cierta influencia de una sola fuente de interferencia para todos los niveles superiores a -40 dB(W/27 MHz) en el puerto de la antena y la mayoría de los enlaces del SF cumplen con dicho nivel.

Sin embargo, cabe señalar que estas conclusiones se basan en simulaciones en las que intervienen únicamente sistemas del SF punto a punto y puede que no sean aplicables a sistemas punto a multipunto. En consecuencia, son necesarios más estudios para determinar las repercusiones de las restricciones técnicas en los sistemas del SF punto a multipunto.

5 **Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y sistemas del servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 1 427-1 429 MHz**

5.1 SETS (pasivo)

Este punto aborda el servicio de operaciones espaciales que tiene atribuida la banda 1 427-1 429 MHz adyacente a la banda pasiva 1 400-1 427 MHz atribuida al SETS (pasivo). En el § 3.1 aparece más información sobre el SETS (pasivo).

5.2 Servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio)

5.2.1 Banda de transmisión atribuida

La banda del servicio activo es la banda del servicio de operaciones espaciales 1 427-1 429 MHz.

5.2.2 Aplicación

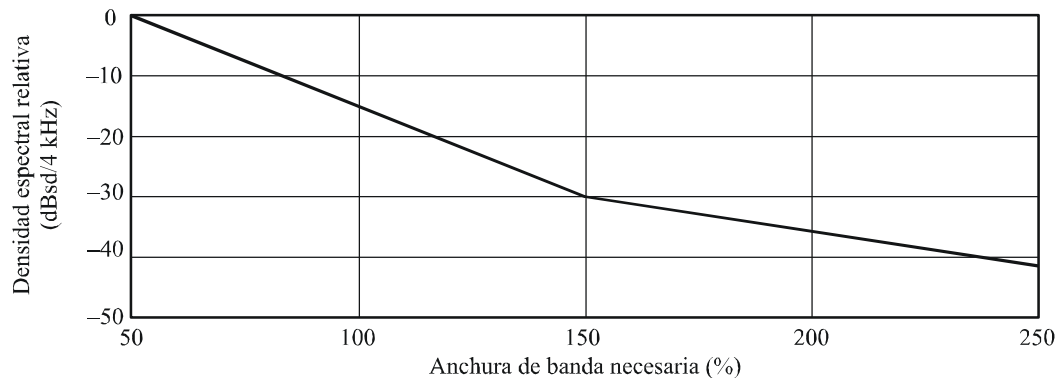
La aplicación del servicio de operaciones espaciales en esta banda es la telemedida y el telemando para satélites en el sentido Tierra-espacio. En este estudio se consideran dos aplicaciones. Las características utilizadas en la primera aplicación se refieren a enlaces de telemando en una red del SRNS (COMPASS-H) consistente en 9 satélites, que tienen previsto utilizar la banda 1 427-1 429 MHz para el enlace ascendente con los satélites. La segunda aplicación es la provisión de enlaces de telemando a una constelación de satélites en órbita terrestre baja.

5.2.3 Niveles basados en las disposiciones y Recomendaciones del UIT-R

En la Fig. 5-1 aparece la máscara del dominio de emisión no deseada para el SOE de la Recomendación UIT-R SM.1541.

FIGURA 5-1

Máscara fuera de banda recomendada para las emisiones de una sola portadora del SIE, el SOE y el SETS en los sentidos espacio-Tierra y Tierra-espacio en las bandas entre 1 GHz y 20 GHz



Nota 1 – La máscara de emisión se extiende en general hasta el 250% de la anchura de banda necesaria. Sin embargo, el borde externo del dominio fuera de banda para sistemas de banda ancha y de banda estrecha se modifica tal como se indica en la Recomendación UIT-R SM.1539.

Rap 2092-051

La máscara de emisión se especifica en unidades dBsd en una anchura de banda de referencia de 4 kHz.

La máscara de emisión se define de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Atenuación} &= -15 + 15 (X / 50\%) && \text{dBsd} && \text{para } 50\% < X \leq 150\% \\ \text{Atenuación} &= +12 + 6 (X / 50\%) && \text{dBsd} && \text{para } 150\% < X \leq 250\% \end{aligned}$$

donde X es un porcentaje de la anchura de banda necesaria.

5.2.4 Características del transmisor

CUADRO 5-1

Características del transmisor

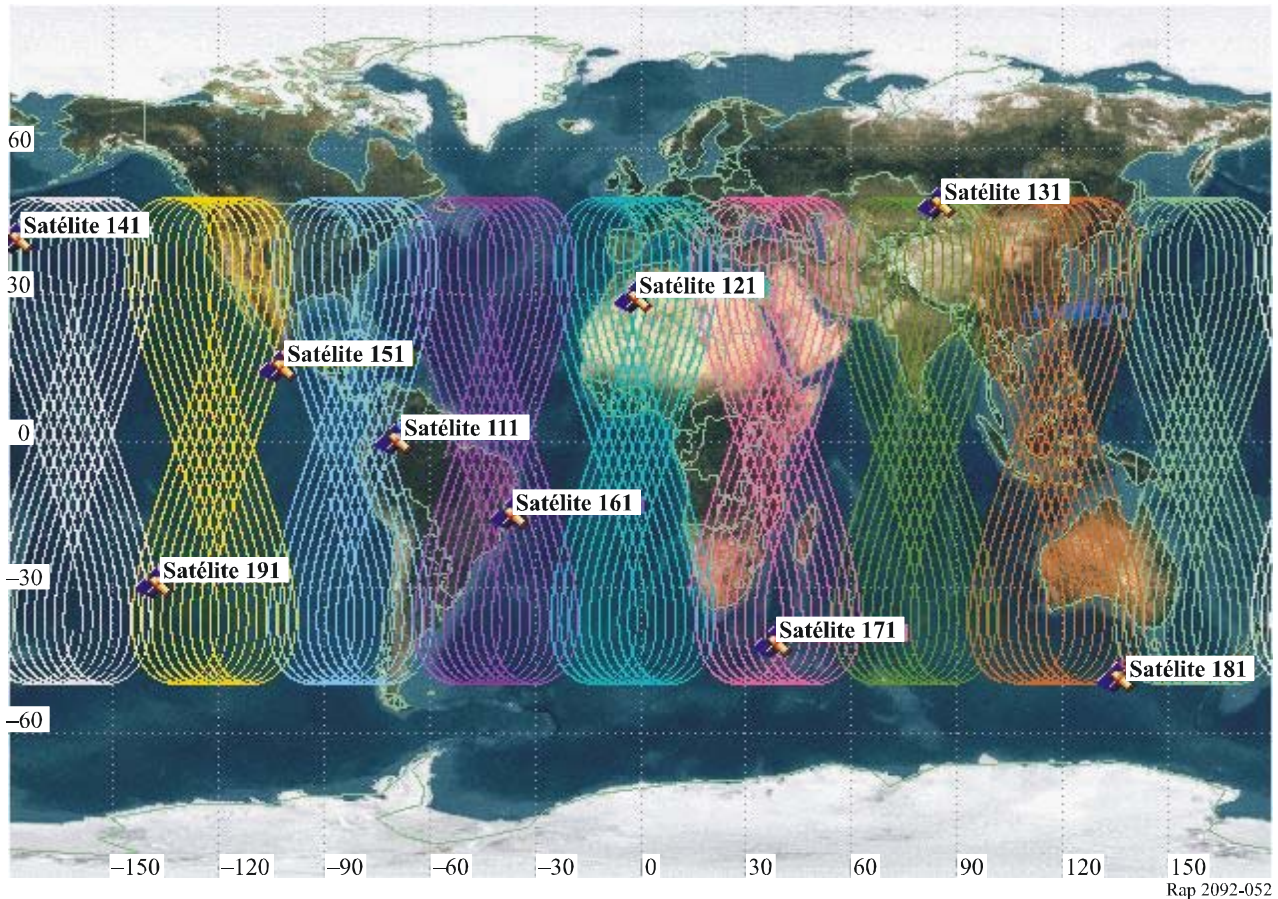
Sistema	Hipótesis de simulación 1 COMPASS-H	Hipótesis de simulación 2 Constelación Walker
Órbita	no OSG	no OSG
Altitud (km)	36 000	750
Inclinación (grados)	50	50
Anchura de banda ⁽¹⁾ (MHz)	2	2
Potencia de cresta ⁽¹⁾ (dBW)	30	30
Ganancia de antena ⁽¹⁾ (dBi)	41	41
Anchura de haz a potencia mitad ⁽¹⁾ (grados)	1,47	1,47
Número de satélites	9	16
Diagrama de antena de la estación terrena	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1

⁽¹⁾ Valores especificados en las notificaciones de satélite al UIT-R para el sistema COMPASS-H.

5.2.5 Características de funcionamiento

La red de satélites COMPASS-H consta de 9 satélites equiespaciados vistos desde el plan ecuatorial (40° de longitud por satélite), como se ilustra en la Fig. 5-2.

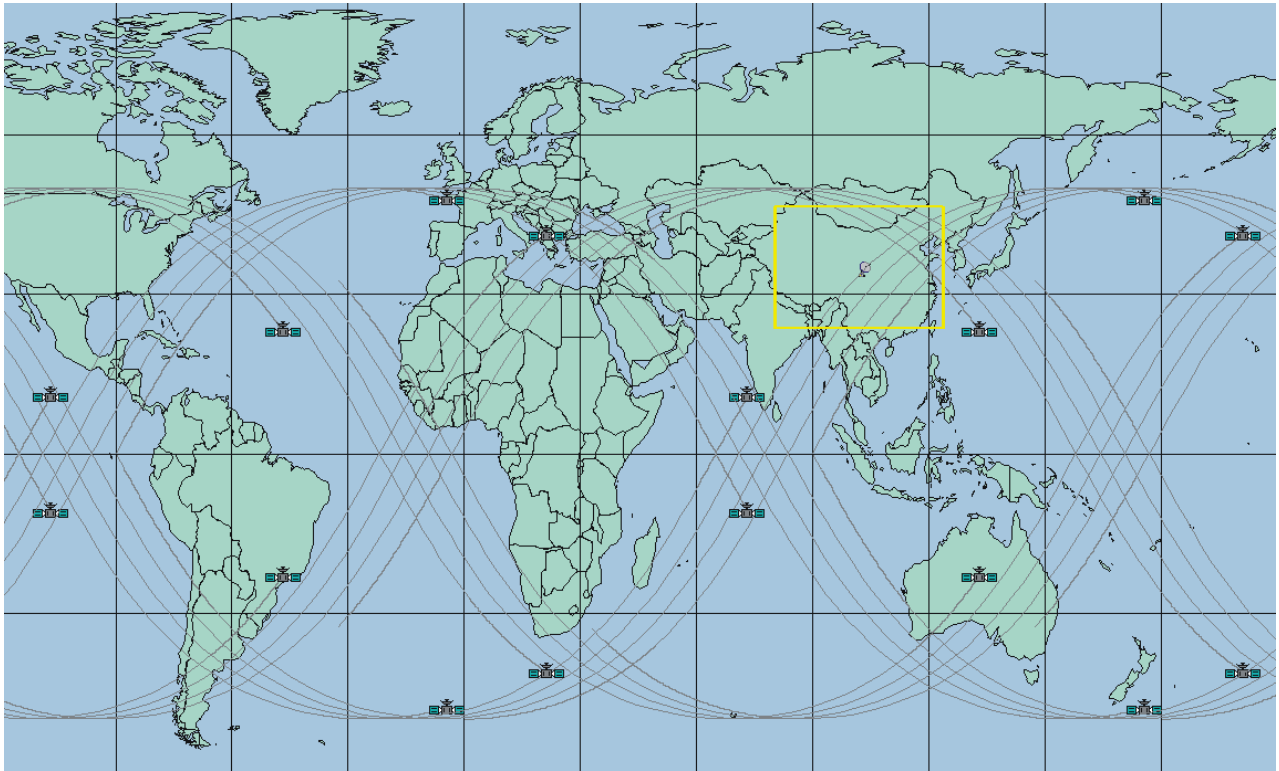
FIGURA 5-2
Configuración de la órbita del sistema COMPASS-H



Se necesitarían de tres a cuatro estaciones terrenas para asegurar un acceso continuo a los 9 satélites. Actualmente se desconoce el número de estaciones terrenas que podrían implementarse para la constelación de satélites COMPASS-H.

Otra posible utilización de la banda del servicio de operaciones espaciales 1 427-1 429 MHz es el soporte de múltiples satélites en órbita terrestre baja (LEO). A efectos de este estudio, se supone una constelación de 16 satélites LEO, como se representa en la Fig. 5-3.

FIGURA 5-3

Configuración de la órbita de 16 satélites LEO

Rap 2092-053

5.2.6 Nivel de transmisión en banda

En el Cuadro 5-1 figuran los parámetros de la estación terrena.

5.3 Nivel de interferencia

El umbral de interferencia del servicio pasivo de la Recomendación UIT-R RS.1029 es -174 dBW en 27 MHz para sensores que funcionan cerca de 1 400 MHz.

Potencialmente puede recibirse interferencia procedente de varias fuentes pertenecientes a múltiples servicios simultáneamente. Los criterios enumerados en la Recomendación UIT-R RS.1029 (para una banda específica) se refieren a la máxima interferencia admisible para los sensores pasivos procedentes de todas las fuentes.

5.4 Evaluación de la interferencia**5.4.1 Metodología utilizada para evaluar el nivel de interferencia**

Se realizó un análisis dinámico para evaluar las repercusiones de las emisiones no deseadas procedentes del servicio de operaciones espaciales en la banda 1 427-1 429 MHz en los sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz.

5.4.2 Resultados de la simulación dinámica

Se utilizó un programa de simulación comercial para efectuar las simulaciones del modelo dinámico a fin de determinar las funciones de distribución acumulativa de la interferencia recibida por un sensor pasivo con respecto a observaciones realizadas en una zona de medición de 10 000 000 km² como se especifica en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

A efectos de esta simulación dinámica, la zona de medición se define como la zona de la superficie de la Tierra rodeada por las líneas de latitud constante a $23,58^{\circ}$ N y $46,42^{\circ}$ N, y las líneas de longitud constante a $80,29^{\circ}$ E y $123,71^{\circ}$ E. Tiene una superficie de $10\,000\,000\text{ km}^2$ y su centro está situado en las coordenadas 35° N y 102° E. Esta zona de medición del sensor pasivo se representa en la Fig. 5-4. Se supone que la estación terrena de enlace ascendente del servicio de operaciones espaciales está ubicada en el centro de esta zona de medición.

FIGURA 5-4
Zona de medición del SETS



Rap 2092-054

La potencia de transmisión especificada en el Cuadro 5-2 es la potencia de transmisión total. Debe corregirse mediante un factor de emisión no deseada para tener en cuenta únicamente la cantidad de potencia de emisión no deseada que cae dentro de la banda del sensor pasivo 1 400-1 427 MHz. Dicho factor de emisión no deseada se define como la parte de la potencia de transmisión total que cae dentro de la anchura de banda del receptor víctima (por ejemplo, el sensor pasivo). Utilizando la máscara de emisión no deseada de la Recomendación UIT-R SM.1541 para servicio de operaciones espaciales se obtiene un factor de emisión no deseada de $-8,4\text{ dB}$, que corresponde a una potencia de transmisión de enlace ascendente de $21,6\text{ dBW}$, lo que supone una p.i.r.e. de emisión no deseada de $62,6\text{ dB(W/27 MHz)}$, en la banda del sensor pasivo de 27 MHz centrada en $1\,413,5\text{ MHz}$.

Este modelo de simulación se utilizó para determinar una función de distribución acumulativa a lo largo de un periodo de 16 días con un tamaño del intervalo de tiempo de 200 ms cuando el sensor pasivo podía muestrear puntos dentro de la zona de medición. Las funciones de distribución acumulativa de la interferencia procedente de los enlaces ascendentes del servicio de operaciones espaciales causada a los sensores pasivos de los sistemas HYDROS y Aquarius en la banda $1\,400\text{--}1\,427\text{ MHz}$ se representan en las Figs. 5-5 y 5-6.

FIGURA 5-5

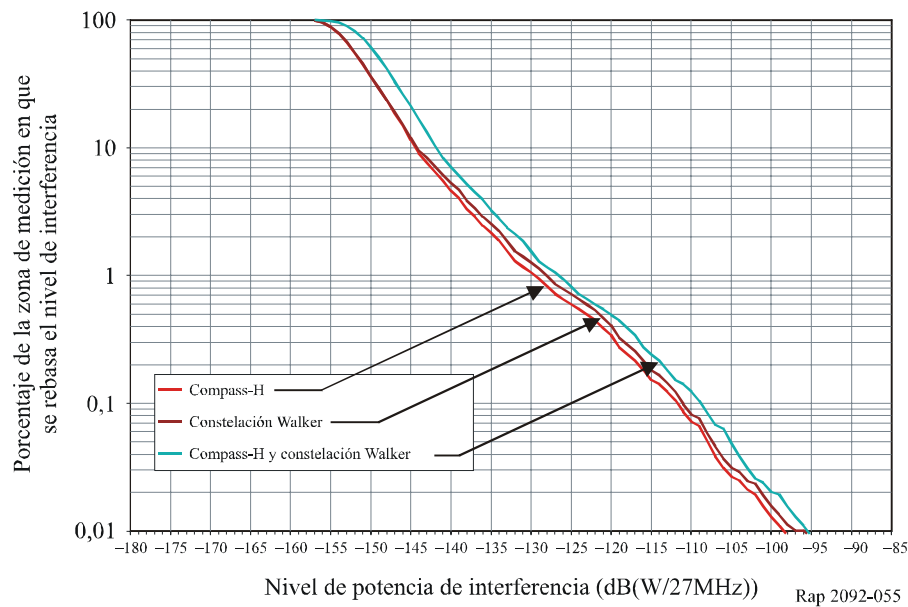
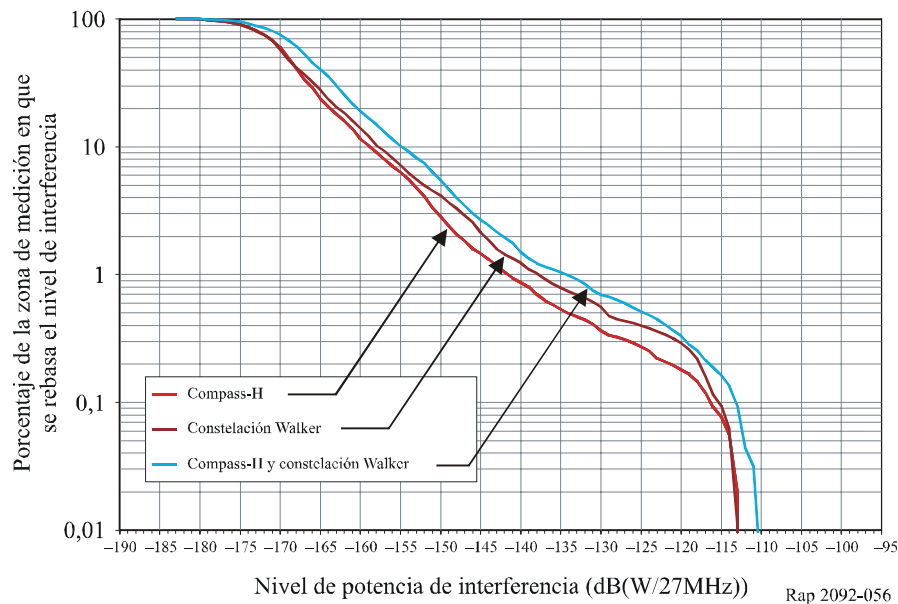
Función de distribución acumulativa de la interferencia causada al sistema HYDROS

FIGURA 5-6

Función de distribución acumulativa de la interferencia causada al sistema Aquarius

Los resultados de los niveles de interferencia que aparecen en las Figs. 5-5 y 5-6 muestran que el nivel de emisiones no deseadas del servicio de operaciones espaciales recibidas por los sensores pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz rebasa el umbral de interferencia admisible de -174 dB(W/27 MHz) durante más del 0,1% del tiempo, como se indica en la Recomendación UIT-R RS.1029-2. La potencia de emisión no deseada requerida para satisfacer este criterio umbral aparece en el Cuadro 5-2.

CUADRO 5-2

**Atenuación de la emisión no deseada necesaria para satisfacer
lo dispuesto en la Recomendación UIT-R RS.1029-2**

	HYDROS			Aquarius		
	Interferencia procedente del COMPASS-H	Interferencia procedente de la constelación Walker	Interferencia procedente del COMPASS-H y la constelación Walker	Interferencia del COMPASS-H	Interferencia procedente de la constelación Walker	Interferencia procedente del COMPASS-H y la constelación Walker
Umbral de interferencia basado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (dB)	-174	-174	-174	-174	-174	-174
Nivel de interferencia en el 0,1% de la zona de medición (dB)	-112,0	-111,2	-108,8	-116,2	-115,5	-113,0
Atenuación adicional de la emisión no deseada necesaria para satisfacer lo dispuesto en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (dB)	-62,0	-62,8	-65,2	-57,8	-58,5	-61,0
Potencia de la emisión no deseada admisible (dB(W/27 MHz))	-40,4	-41,2	-43,6	-36,2	-36,9	-39,4
p.i.r.e. de la emisión no deseada admisible (dB(W/27 MHz))	0,6	-0,2	-2,6	4,8	4,1	4,6 1,6

5.5 Técnicas de reducción de la interferencia

5.5.1 SETS (pasivo)

Debido a la anchura limitada de la banda atribuida de 27 MHz, toda reducción en la anchura de banda del sensor pasivo disminuirá su sensibilidad y afectará negativamente la calidad de los resultados científicos procedentes de las mediciones de datos.

5.5.2 Servicio de operaciones espaciales

Basándose en los parámetros publicados de la estación terrena de enlace ascendente del servicio de operaciones espaciales, los resultados de las simulaciones dinámicas muestran que se necesita una elevada atenuación adicional fuera de banda para que el servicio de operaciones espaciales en la banda 1 427-1 429 MHz no rebase el criterio de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) en la banda 1 400-1 427 MHz. Para disminuir la cantidad de potencia de emisión no

deseada en las bandas de frecuencias adyacentes pueden utilizarse técnicas de reducción de la interferencia, tales como reducción de la potencia del transmisor, y emplear las características de funcionamiento indicadas en el número 1.153 del RR. Una evaluación inicial de los enlaces ascendentes del sistema COMPASS-H y de la constelación Walker sugiere que los parámetros modelados en la simulación, tales como la potencia del transmisor, pueden ser excesivos para los requisitos del enlace de tales sistemas en condiciones normales de funcionamiento, basándose en los parámetros notificados para el sistema COMPASS-H. En el Cuadro 5-3 figura un cálculo de balance del enlace para evaluar el margen del enlace basándose en el valor de C/N notificado de 15 dB así como el margen de interferencia de emisión no deseada para el sensor pasivo Aquarius, suponiendo la utilización de estas técnicas adicionales de reducción de la interferencia.

CUADRO 5-3

Cálculo de balance del enlace del servicio de operaciones espaciales

	COMPASS-H	Walker
Potencia del transmisor de la estación terrena (dBW)	30,0	30,0
Ganancia de la antena de transmisión de la estación terrena (dBi)	41,0	41,0
Pérdidas en el espacio libre (dB)	186,4	153,0
Ganancia de la antena receptora del vehículo espacial (dBi)	10,0	7,0
Temperatura del sistema de recepción del vehículo espacial (K)	30,4	27,0
Constante de Boltzmann	-228,6	-228,6
Anchura de banda del receptor (MHz)	2,0	2,0
C/N del vehículo espacial (dB)	29,8	63,6
C/N deseada (dB)	15,0	15,0
Margen C/N del enlace ascendente (dB)	14,8	48,6
Nivel de potencia de emisión no deseada admisible (dB(W/27 MHz))	-36,2	-36,9
Nivel de emisión no deseada extraída de los datos publicados	21,6	21,6
Cumplimiento de la atenuación adicional del número 1.153 del RR (dB)	14,6	14,6
Atenuación adicional del margen C/N (dB)	14,8	48,6
Nivel de emisión no deseada resultante (dB(W/27 MHz))	-7,8	-41,6
Nivel de emisión no deseada en exceso (dB)	28,4	-4,7

Limitar la potencia de transmisión del enlace ascendente a la mínima necesaria para completar fiablemente el enlace en condiciones de funcionamiento normales puede reducir significativamente los niveles de emisiones no deseadas en la banda pasiva del SETS y tales operaciones en los niveles de potencia de salida del transmisor significativamente inferiores al punto de saturación del transmisor también disminuirán los niveles de emisiones no deseadas procedentes de la regeneración del espectro de los lóbulos laterales causado por la no linealidad del amplificador que se produce en estado de saturación. Por ejemplo, como se indica en el Cuadro 5-3, si se utilizan las características de funcionamiento indicadas en el número 1.153 del RR y una reducción en la potencia de transmisión del enlace ascendente por debajo de la máxima potencia notificada se podrían disminuir los niveles de emisión no deseada lo que daría lugar a unos niveles de interferencia producidos por una estación terrena del enlace ascendente que satisfagan lo dispuesto en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 al funcionar con una constelación Walker de satélites en órbita terrestre baja en condiciones normales de funcionamiento.

Sin embargo, sería necesaria una reducción adicional de la interferencia para funcionamiento con satélites COMPASS-H a mayor altitud debido a las mayores pérdidas de trayecto de estos satélites. Los registros en el UIT-R para el sistema COMPASS-H señalan toda la banda de frecuencias atribuida para operaciones espaciales (1 427-1 429 MHz) como la anchura de banda del enlace ascendente. Suponiendo MDP-4, ello implica una máxima velocidad de transmisión de datos de 4 Mbit/s. Muchos otros enlaces de telemando funcionan a velocidades de transmisión de datos muy inferiores. Si estos enlaces de telemando pueden funcionar a dichas velocidad de transmisión de datos más bajas, la anchura de banda requerida puede reducirse y probablemente los niveles de emisión no deseada serán menores y el filtrado postmodulación puede ser más eficaz. Una anchura de banda estrecha permitiría también situar a la frecuencia de transmisión lejos del borde de la banda del sensor pasivo proporcionando de esa forma una cierta separación en frecuencia.

5.5.3 Posibles repercusiones

5.5.3.1 SETS (pasivo)

Los sensores del SETS (pasivo) en la banda 1 400-1 427 MHz recibirán emisiones no deseadas y rebasarán el valor umbral de -174 dB(W/27 MHz) cuando las misiones de operaciones espaciales utilicen toda la banda atribuida (1 427-1 429 MHz) para operaciones de enlace ascendente y niveles de potencia de transmisión elevados como se indica en las notificaciones del UIT-R. No hay técnicas demostradas para identificar las mediciones de los sensores pasivos degradadas por la interferencia y reducir la influencia de dichas mediciones degradadas sobre los datos científicos recopilados por las misiones planificadas en la banda 1 400-1 427 MHz.

Los actuales y futuros sensores pasivos utilizados en la anchura de banda de frecuencia correspondiente no pueden discriminar entre emisiones naturales deseadas y emisiones artificiales no deseadas. Por lo tanto, existe el riesgo de realizar mediciones degradadas en varias zonas si los niveles de emisión no deseada combinados rebasan los que se han supuesto en el análisis. Los datos obtenidos de mediciones degradadas pueden tener repercusiones adversas sobre las iniciativas de asociaciones internacionales para obtener datos completos a escala mundial, regional o nacional a fin de satisfacer las necesidades de información sobre el medio ambiente y para apoyar los programas de mediciones científicas sobre el medio ambiente.

5.5.3.2 Servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio)

La gran cantidad de atenuación requerida para las emisiones no deseadas determinada por las simulaciones descritas en el § 5.4 parece ser el resultado en parte de los parámetros de caso más desfavorable obtenidos por las notificaciones de satélites del UIT-R, y el nivel de emisiones no deseadas que caen dentro de la banda del SETS (pasivo) durante el funcionamiento normal probablemente será muy inferior al valor de caso más desfavorable supuesto en los estudios.

Los niveles de emisión no deseada en la banda pasiva pueden reducirse en gran medida durante el funcionamiento normal mediante técnicas tales como la utilización de la potencia de transmisión posible más baja (números 3.3, 15.2 y 15.5 del RR) y el funcionamiento con las características indicadas en el número 1.153 del RR. La utilización de estas técnicas puede reducir la potencia de transmisión de emisión no deseada en la banda pasiva durante el funcionamiento normal a -41 dB(W/27 MHz) (o de forma equivalente, un nivel de p.i.r.e. de emisión no deseada de 0 dB(W/27 MHz)) para operaciones con constelaciones de satélites en órbita terrestre baja y no rebasaría el criterio de interferencia admisible. El establecimiento de un límite de emisión no deseada de aproximadamente 10 dB superior a este nivel proporcionaría el margen de enlace adecuado durante el funcionamiento normal, controlando a la vez esta interferencia hasta un nivel que siga permitiendo a los sensores pasivos llevar a cabo sus misiones científicas en la banda 1 400-1 427 MHz.

Sin embargo, las mismas técnicas de reducción de la interferencia darían lugar a una potencia de emisión no deseada de -8 dB(W/27 MHz) (p.i.r.e. de 33 dB(W/27 MHz)) lo que rebasaría el nivel de interferencia admisible en 28 dB para el funcionamiento con una constelación de satélites en órbita terrestre media. En este caso, para reducir los niveles de emisión no deseada, puede ser necesaria la utilización de técnicas adicionales de reducción de la interferencia (tales como la utilización de emisiones con anchuras de banda más reducidas que la banda atribuida total), el filtrado adicional de las emisiones no deseadas y la selección de una frecuencia de transmisión lejos del borde de la banda pasiva del SETS. Las transmisiones ocasionales de emergencia con muy alta potencia (por ejemplo, transmisiones de órdenes dirigidas a un vehículo espacial que ha perdido la estabilidad) no son continuas, y por consiguiente, probablemente no causarán a los sensores del SETS (pasivo) niveles de interferencia superiores a los niveles admisibles.

5.6 Resultados de los estudios

5.6.1 Resumen

Este análisis de compatibilidad ha determinado la posible interferencia causada por el servicio de operaciones espaciales en la banda $1\,427\text{--}1\,429 \text{ MHz}$ a la banda $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$ atribuida al SETS (pasivo). Basándose en los valores notificados de máxima potencia de la estación terrena y anchura de banda de la máscara de emisión no deseada de la Recomendación UIT-R SM.1541-1 en la banda $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$, los resultados muestran que las emisiones no deseadas del servicio de operaciones espaciales causarían una interferencia que rebasa el criterio de interferencia combinada del SETS (pasivo) en unos 60 dB . Un nivel de emisión no deseada transmitido por la estación terrena de enlace ascendente que rebasa el valor de -41 a -36 dB(W/27 MHz) , (o de forma equivalente un nivel de p.i.r.e. de emisión no deseada de 0 a 5 dB(W/27 MHz)), dependiendo del sensor pasivo considerado, daría lugar a una interferencia que rebasa el nivel admisible.

5.6.2 Conclusiones

Los sensores del SETS (pasivo) en la banda $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$ recibirán niveles de emisiones no esenciales procedentes de estaciones terrenas de enlace ascendente del servicio de operaciones espaciales que rebasan claramente el criterio de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) si funcionan con las máximas potencia y anchuras de banda actualmente notificadas. Un límite de las emisiones no deseadas procedentes de una estación terrena de enlace ascendente del servicio de operaciones espaciales hasta 10 dB por encima de la gama de -41 a -36 dB(W/27 MHz) de niveles de potencia de emisión no deseada admisible indicados en los estudios puede aún permitir a los sensores del SETS (pasivo) llevar a cabo sus misiones científicas en la banda $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$ sin causar restricciones indebidas al servicio de operaciones espaciales en la banda $1\,427\text{--}1\,429 \text{ MHz}$.

6 Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$ y el servicio móvil en las bandas $1\,350\text{--}1\,400 \text{ MHz}$ y $1\,427\text{--}1\,452 \text{ MHz}$

6.1 SETS (pasivo)

Este punto considera el servicio móvil que tiene atribuida la banda $1\,427\text{--}1\,452 \text{ MHz}$ adyacente a la banda pasiva $1\,400\text{--}1\,427 \text{ MHz}$ atribuida al servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo). En el § 3.1 figura más información sobre el SETS (pasivo).

6.2 Servicio móvil

6.2.1 Bandas de transmisión atribuidas

La banda del servicio activo es la banda del servicio móvil de 1 427-1 452 MHz.

6.2.2 Aplicación

La banda de frecuencias 1 427-1 452 MHz ha sido utilizada durante mucho tiempo por diversos tipos de aplicaciones en muchos países. En un país la banda 1 429-1 453 MHz está siendo utilizada por sistemas celulares 2G de tres operadores en el sentido de transmisión de estaciones móviles a estaciones de base. Además, este país está planificando actualmente reatribuir la banda de 1,4 GHz, incluida la subbanda 1 427-1 452 MHz, a sistemas celulares 3G que utilizan las tecnologías de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000), y es de esperar que en un próximo futuro se complete la transferencia de los sistemas celulares digitales personales (PDC) del sistema celular 2G a los sistemas celulares 3G. Por lo tanto, en este análisis de compatibilidad se tienen en cuenta tanto los sistemas celulares 2G como los sistemas celulares 3G.

En la Recomendación UIT-R M.1073 aparecen los parámetros de los sistemas celulares digitales en la banda 1 429-1 453 MHz. La Recomendación UIT-R M.1457 proporciona los parámetros de los sistemas IMT-2000.

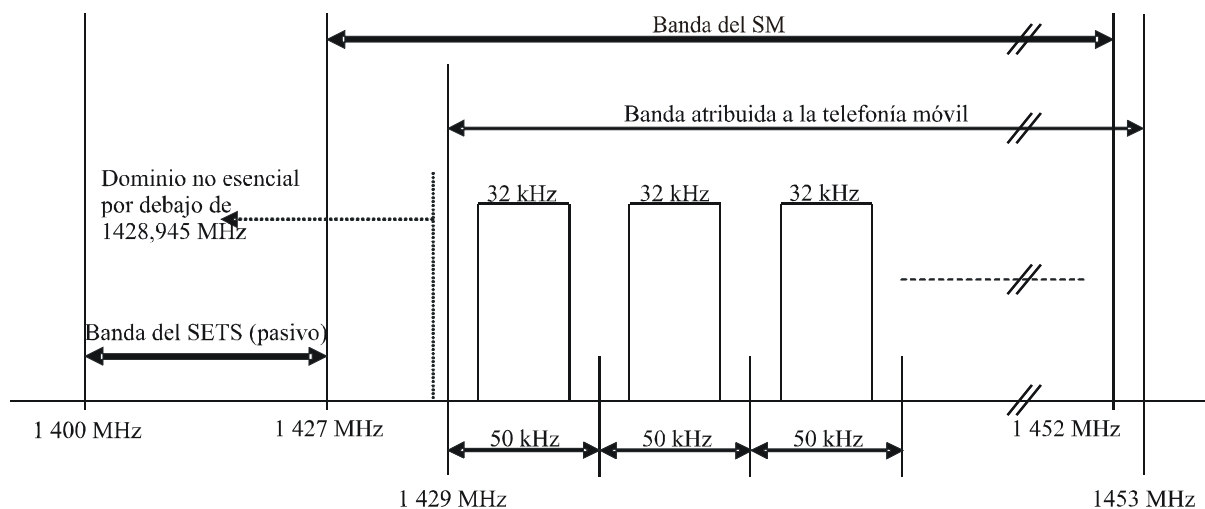
Además, la teledifusión móvil funciona de conformidad con los números 5.342 y 5.343 relativas a la banda de frecuencias 1 427-1 452 MHz. La Recomendación UIT-R M.1459 presenta los parámetros de estos sistemas.

6.2.3 Niveles de emisión no deseada basados en documentos de la UIT

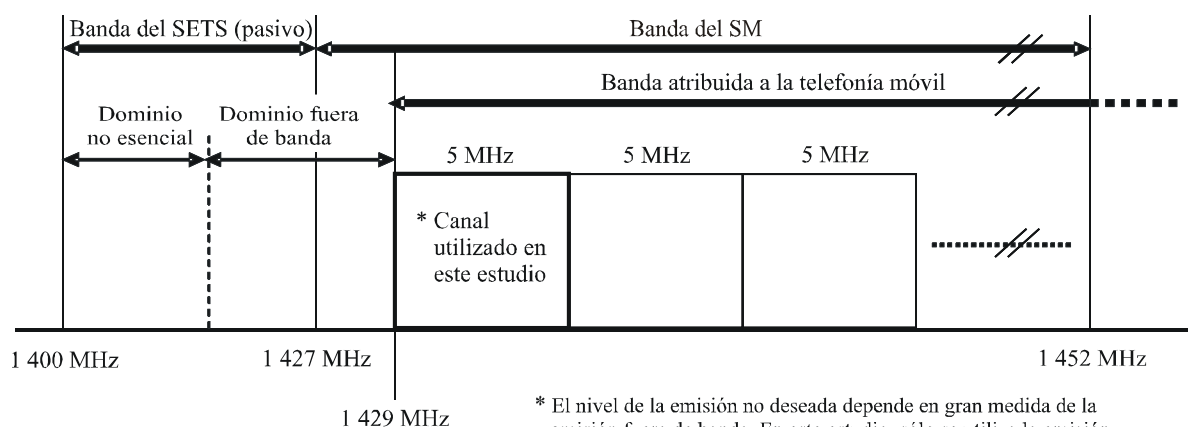
Como aparece en la Fig. 6-1 a), la banda atribuida al SETS se encuentra dentro del dominio no esencial de la mayor parte de la emisión de la portadora adyacente de la telefonía móvil del sistema PDC en un país.

FIGURA 6-1

a) Atribución de espectro al sistema PDC



b) Atribución para el sistema IMT-2000



* El nivel de la emisión no deseada depende en gran medida de la emisión fuera de banda. En este estudio, sólo se utiliza la emisión fuera de banda generada para el canal más adyacente.

Rap 2092-061

El Cuadro II del Apéndice 3 del RR especifica que un valor de atenuación utilizado para calcular los máximos niveles de potencia de emisión admisible en el dominio no esencial aplicable a los equipos de radiocomunicaciones se obtiene como sigue:

$$43 + 10 \log (P), \text{ o } 70 \text{ dBc}$$

Tomando entre ambos el valor menos estricto para los servicios móviles.

En este análisis, para realizar un cálculo aplicable al sistema PDC se ha utilizado un valor de la atenuación de 60 dBc, basado en la reglamentación de un país y que satisface el nivel definido en el RR indicado anteriormente.

El nivel de emisión no deseada generado por los sistemas IMT-2000 a los sistemas del SETS depende en gran medida del nivel de emisión no deseada y no del nivel de emisión no esencial, como muestra la Fig. 6-1 b). Sin embargo, los documentos de la UIT, incluidos el RR y las Recomendaciones UIT-R, no indican actualmente el límite para el nivel de emisiones no deseadas aplicable a los sistemas IMT-2000 en la banda 1,4 GHz. En consecuencia, el valor especificado para la banda de 2 GHz se utiliza en los estudios de compatibilidad entre sistemas IMT-2000 y sistemas del SETS.

La especificación 3GPP TS 25.101, «Transmisión y recepción radioeléctrica con equipos de usuario», a la que hace referencia la Recomendación UIT-R M.1457, proporciona la máscara de emisión de espectro requerida en el dominio de emisión no deseada y en el dominio no esencial para la banda de las IMT-2000 incluida la banda de 2 GHz. Como la especificación no incluye el caso de la banda de 1,4 GHz, en este estudio se utiliza la máscara de emisión especificada para la banda de 2 GHz. El Cuadro 6-1 muestra el requisito de la máscara de emisión de espectro en el dominio de emisión no deseada. Para una $\Delta f > 12,5$ MHz se requiere un nivel de emisiones no esenciales general de -30 dBm/MHz. Realizando la integración de esta expresión espectral, se calcula un nivel de emisión no deseada de -43 dB(W/27MHz).

CUADRO 6-1

**Requisito de la máscara de emisión de espectro
(extraído de la especificación 3GPP TS25.101)**

Δf (MHz)	Requisito mínimo	
	Requisito relativo	Requisito absoluto (dBm)
2,5-3,5	$\left\{ -35 - 15 \cdot \left(\frac{\Delta f}{\text{MHz}} - 2,5 \right) \right\} \text{ dBc}$	-71,1
3,5-7,5	$\left\{ -35 - 1 \cdot \left(\frac{\Delta f}{\text{MHz}} - 3,5 \right) \right\} \text{ dBc}$	-55,8
7,5-8,5	$\left\{ -39 - 10 \cdot \left(\frac{\Delta f}{\text{MHz}} - 7,5 \right) \right\} \text{ dBc}$	-55,8
8,5-12,5	-49 dBc	-55,8

6.2.4 Niveles de emisión no deseada basados en las mediciones de estaciones móviles reales

Para evaluar la compatibilidad en condiciones realistas, los niveles de emisión no deseada medidos en las estaciones móviles reales se aplican tanto al sistema PDC como al sistema IMT-2000.

- Para el sistema PDC, se utiliza el valor de -60 dB(W/27MHz) como un nivel de emisión no deseada realista en este estudio. Se trata del valor mediano obtenido midiendo el nivel de emisión no deseada de nueve muestras de estaciones móviles PDC reales para el canal más adyacente a la banda del SETS en la banda de 1,4 GHz.
- Para el sistema IMT-2000, se utiliza el valor de $-56,5$ dB(W/27MHz) como un nivel de emisión no deseada realista en este estudio. Se trata del valor mediano obtenido midiendo el nivel de emisión no deseada de cuatro muestras de estaciones móviles IMT-2000 reales diseñadas para la banda de 2 GHz en vez de una estación móvil inexistente en la banda de 1,4 GHz.

6.2.5 Características del transmisor de la estación móvil

El Cuadro 6-2 muestra los parámetros típicos de un sistema PDC actual y un sistema IMT-2000 supuestos en la banda de frecuencias de un país.

Existe una diferencia en el número esperado de usuarios de teléfonos móviles entre los sistemas PDC e IMT-2000 debido a las siguientes situaciones en un país:

- El sistema PDC utiliza la banda 1 429-1 453 MHz como banda básica, de manera que la banda se utiliza en todo el país y se considera que todos los usuarios de teléfonos móviles PDC emplean la banda.
- Cabe esperar que el sistema IMT-2000 utilizará la banda 1,4 GHz incluida la porción 1 427-1 452 MHz como banda de espectro adicional, que se emplea para cursar tráfico intenso en zonas específicas tales como zonas metropolitanas. Por lo tanto, se considera que sólo un pequeño número de usuarios de telefonía móvil IMT-2000 utilizarán la banda.

CUADRO 6-2

Parámetros del sistema del SM

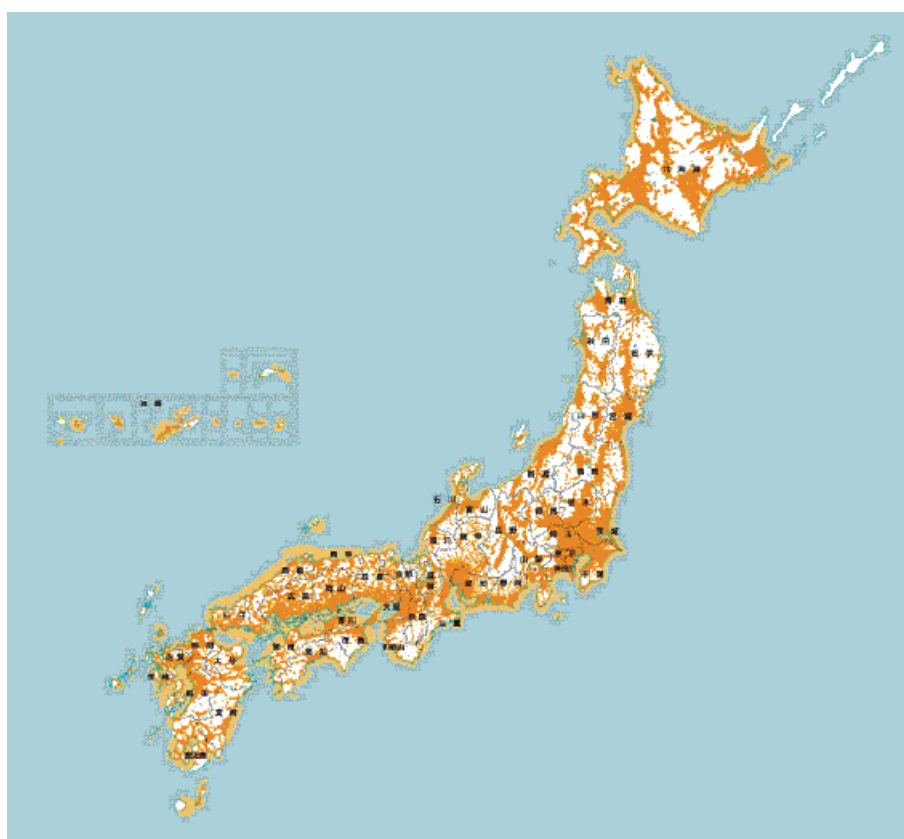
	Sistema PDC	Sistema IMT-2000
Banda de frecuencias (GHz)	1,429-1,439/1,443-1,453	Banda de 1,4 GHz (se están estudiando los detalles de la atribución)
Modulación	MDP-4 con desplazamiento $\pi/4$	
Capacidad del canal	6 canales $\times$ 398 portadoras	–
Separación de canales	50 kHz (Intercalado de 25 kHz)	5 MHz
Ganancia de antena (máxima)	3,5 dBi	0 dBi
Pérdidas en el alimentador/multiplexor	–1 dB	0 dB
Tipo de antena	Antena omnidireccional	Antena omnidireccional
Potencia de salida del transmisor	–7 dBW	–6 dBW
p.i.r.e. (media)	–4,5 dBW	–
Número de usuarios de teléfonos móviles (número total)	15 000 000	1 000 000
Relación entre usuarios externos y número activo total (usuarios externos + usuarios internos)	0,5	0,5
Factor de actividad ⁽¹⁾	0,005	0,005
Anchura de banda ocupada	32 kHz	5 MHz
Atenuación no esencial	–60 dBc	–70 dBc

⁽¹⁾ Relación entre canales activos en la hora más cargada y el número total de terminales registrados en una zona.

6.2.6 Características de funcionamiento de las estaciones móviles

La Fig. 6-2 muestra un ejemplo de la cobertura de servicio para el sistema PDC que funciona en esta banda de frecuencias en un país. Como muestra la zona naranja, la mayoría del territorio resulta cubierta como una zona de servicio operacional salvo en el caso de zonas montañosas. La cobertura de servicio del sistema IMT-2000 que funciona en diversas bandas de frecuencias parece ser casi la misma que la del sistema PDC. Sin embargo, la zona de cobertura por la banda de 1,4 GHz se limitará a la zona metropolitana.

FIGURA 6-2
Cobertura del servicio de telefonía móvil



Rap 2092-062

6.3 Umbral de compatibilidad

El nivel umbral de interferencia del SETS (pasivo) es -174 dBW en la anchura de banda de referencia de 27 MHz como se especifica en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

La interferencia estudiada viene causada por un gran número de estaciones móviles. El valor indicado en la citada Recomendación UIT-R RS.1029-2 es el máximo nivel de interferencia admisible para los sensores pasivos procedente de todas las fuentes. Este Anexo proporciona un análisis de la interferencia generada por un solo servicio activo.

6.4 Evaluación de la interferencia

6.4.1 Metodología utilizada para evaluar el nivel de interferencia

En este estudio se llevan a cabo los cálculos para determinar dos tipos de nivel de interferencia; a saber, los casos de interferencia procedente de una sola fuente y de interferencia combinada. También se realiza una estimación del porcentaje de la zona de medición del sensor pasivo de 10^7 km^2 en que se cumple el criterio de interferencia especificado en el § 3.1.3.

El cálculo de interferencia procedente de una sola fuente se realiza para determinar si la interferencia causada por un solo teléfono móvil rebasa el criterio de potencia de interferencia del sensor pasivo.

El cálculo de interferencia combinada se efectúa también mediante un simple cálculo suponiendo un modelo de instalación de telefonía móvil para realizar una comparación con los requisitos de protección especificados en el § 3.1.3.

6.4.2 Cálculo del nivel de interferencia

6.4.2.1 Cálculo del nivel de interferencia procedente de una sola fuente

En este estudio, la interferencia $I_{SETS-uf}$ (dB(W/27 MHz)) causada a un sensor pasivo por un solo terminal de la EM se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{SETS-uf} = E_{No\ deseada} - L_{espacio\ libre} + G_{rec-SETS}$$

siendo:

$E_{no\ deseada}$: densidad de p.i.r.e. (dB(W/27 MHz)) de las emisiones no deseadas de la EM integrada a lo largo de la banda 1 400-1 427 MHz (en algunos casos este nivel de densidad de p.i.r.e. puede especificarse como la suma de la densidad de potencia no deseada en la antena más la máxima ganancia de antena en el terminal móvil)

$L_{espacio\ libre}$: pérdidas en el espacio libre del sensor pasivo (dB)

$G_{rec-SETS}$: ganancia del haz principal de la antena del sensor pasivo (dBi) en dirección del terminal del SM.

Los valores para $E_{no\ deseada}$ utilizados en estos cálculos se proporcionan en términos de los máximos valores especificados en términos de valores medios más realistas para los terminales de la EM de los sistemas PDC e IMT-2000.

6.4.2.2 Cálculo del nivel de interferencia combinada

El nivel de interferencia combinada se calcula considerando el número medio de teléfonos móviles (N_m) dentro del contorno de -3 dB del haz principal del sensor. La superficie del contorno del haz principal del sensor se determina en función del ángulo con respecto al nadir del SETS.

$$N_m = N \times A_m / A_j$$

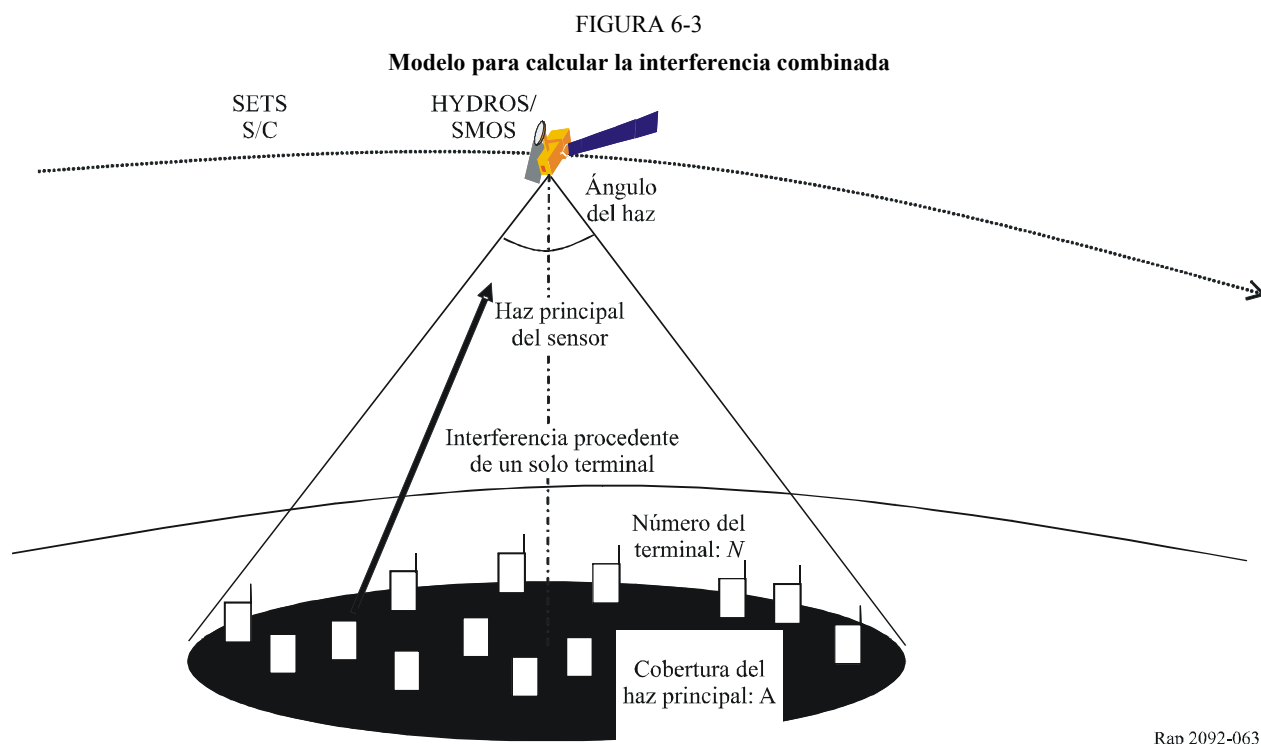
siendo:

N: número total de teléfonos móviles activos instalados en un país

A_m : superficie del haz principal del sensor

A_j : superficie total del archipiélago de un país.

La Fig. 6-3 muestra el modelo de interferencia utilizado en el cálculo anterior.



Rap 2092-063

Los resultados de estos cálculos se resumen en los Cuadros 6-3 y 6-4.

CUADRO 6-3

a) Nivel de interferencia causado por el sistema PDC a los sistemas HYDROS y SMOS

SETS	HYDROS	SMOS
Altitud del satélite (km)	670	760
Ganancia de la antena de recepción (dBi)	35	9
Dirección de puntería (grados con respecto al Nadir)	40	32
Zona de cobertura del haz principal (elipse, km²)	1 402	263 8745
Superficie (km²)	377 000	
EM		
Número total	15 000 000	
Porcentaje de estaciones móviles exteriores (%)	50	
Atenuación debida al bloqueo (aplicada a las EM en interiores) (dB)	12	
Factor de actividad (%)	0,5	
Potencia de transmisión (W)	0,2	
Atenuación no esencial (dBc) ⁽¹⁾	-60	
Emisión no deseada medida (dB(W/27MHz)) ⁽²⁾	-60	
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)	2,5	
Efecto de absorción del cuerpo humano (dB)	-8	

CUADRO 6-3 (Continuación)

SETS		HYDROS		SMOS	
		Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores
Número activo en el haz principal del SETS		139	139	37 500	37 500
Potencia recibida de una sola EM (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-177,78	-189,78	-203,18	-215,18
	Valor medido ⁽³⁾	-185,10	-197,10	-210,50	-222,50
Potencia recibida combinada total (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-156,29		-157,39	
	Valor medido ⁽³⁾	-163,66		-164,76	
Umbral (Recomendación UIT-R RS.1029-2) (dB(W/27 MHz))		-174			
Nivel en exceso (dB)	Valor especificado	17,71		16,61	
	Valor medido ⁽³⁾	10,34		9,24	

b) Nivel de interferencia causada por el sistema PDC al sistema Aquarius

SETS		Aquarius					
		Haz 1		Haz 2		Haz 3	
Altitud del satélite (km)		657					
Ganancia de la antena de recepción (dBi)		29,1		28,8		28,5	
Dirección de puntería (grados con respecto al Nadir)		25.8		33,8		40,3	
Distancia oblicua (km)		739		810		896	
Eje mayor de la elipse del haz (km)		94		120		156	
Eje menor de la elipse del haz (km)		76		84		97	
Zona de cobertura del haz principal (elipse, km²)		5,611		7,917		11,885	
Superficie de Japón (km²)		377 000					
EM							
Número total		15 000 000					
Porcentaje de estaciones móviles en exteriores (%)		50,00%					
Atenuación debida al bloqueo (aplicada a las EM en exteriores) (dB)		12					
Factor de actividad (%)		0,50%					
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		2,5					
p.i.r.e. fuera de banda del sistema PDC especificada (dB(W/27 MHz))		−50,5					
p.i.r.e. fuera de banda del sistema PDC medida (dB(W/27 MHz))		−57,5					
Pérdidas por absorción del cuerpo humano (dB)		−8					
Pérdidas en el trayecto a 1 413,5 MHz		152,8		153,6		154,5	
		Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores
Número activo de EM en interiores en el haz principal del SETS		558	558	787	787	1,182	1,182
Potencia recibida de una sola EM (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	−180,2	−192,2	−181,3	−193,3	−182,5	−194,5
	Valor medido	−187,2	−199,2	−188,3	−200,3	−189,5	−201.5
Potencia combinada recibida de las EM en exteriores (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	−152,8	−164,8	−152,4	−164,4	−151,8	−163,8
	Valor medido	−159,8	−171,8	−159,4	−171,4	−158,8	−170,8
Potencia combinada total recibida (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	−154,7		−154,3		−153,7	
	Valor medido	−161,7		−161,3		−160,7	

CUADRO 6-3 (*Fin*)

SETS	Aquarius		
	Haz 1	Haz 2	Haz 3
Criterio extraído de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (dB(W/27 MHz))	-174		
Nivel en exceso (dB)	19,3	19,7	20,3
	12,3	12,7	13,3

- (1) Véase el § 6.2.3. Sólo se aplica para el estudio utilizando el valor especificado.
- (2) Sólo se aplica en el estudio utilizando el valor medido, que es el valor mediano obtenido en la medición. En la medición se han utilizado nueve muestras de estaciones móviles PDC en la banda 1,4 GHz.
- (3) Cabe señalar que un nivel de emisión no deseada medido es un valor obtenido de sólo nueve muestras de estaciones móviles. Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que existe una cierta incertidumbre en este resultado debido a las hipótesis efectuadas en la medición.

CUADRO 6-4

a) Nivel de interferencia causada por el sistema IMT-2000 en los sistemas HYDROS y SMOS

SETS		HYDROS		SMOS	
Altitud de satélite (km)		670		760	
Ganancia de la antena de recepción (dBi)		35		9	
Dirección de puntería (grados con respecto al Nadir)		40		32	
Zona de cobertura del haz principal (elipse, km ²)		1 402		263 8745	
Superficie (km ²)		377 000			
EM					
Número total		1 000 000			
Porcentaje de estaciones móviles en exteriores (%)		50			
Atenuación debida al bloqueo (aplicada a EM en interiores) (dB)		12			
Factor de actividad (%)		0,5			
Nivel de emisión no deseada especificado (dB(W/27MHz)) ⁽¹⁾		-43			
Emisión no deseada medida (dB(W/27MHz)) ⁽²⁾		-56,5			
Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		0			
Efecto de la absorción del cuerpo humano (dB)		-8			
Pérdidas en el espacio libre (dB)		-154,6		-154,0	
		Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores
Número activo dentro del haz principal del SETS		9	9	2 500	2 500
Potencia recibida de una sola EM (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-170,60	-182,60	-196,00	-208,00
	Valor medido ⁽³⁾	-184,10	-196,10	-209,50	-221,50
Potencia combinada total recibida (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-160,92		-162,02	
	Valor medido ⁽³⁾	-174,42		-175,52	
Umbral (Recomendación UIT-R RS.1029-2) (dB(W/27 MHz))					
Nivel en exceso (dB)	Valor especificado	13,08		11,98	
	Valor medido ⁽³⁾	-042		-1,52	

CUADRO 6-4 (*Fin*)

b) Nivel de interferencia causada por el sistema IMT-2000 al sistema Aquarius

SETS		Aquarius					
		Haz 1		Haz 2		Haz 3	
Altitud del satélite (km)		657					
Ganancia de la antena de recepción (dBi)		29,1		28,8		28,5	
Dirección de puntería (grados con respecto al Nadir)		25,8		33,8		40,3	
Distancia oblicua (km)		739		810		896	
Eje mayor de la elipse del haz (km)		94		120		156	
Eje menor de la elipse del haz (km)		76		84		97	
Zona de cobertura del haz principal (elipse, km²)		5,611		7,917		11,885	
Superficie de Japón (km²)		377 000					
EM							
Número total		1 000 000					
Porcentaje de estaciones móviles (%)		50,00%					
Atenuación debida al bloqueo (aplicada a EM en interiores) (dB)		12					
Factor de actividad (%)		0,50%					
p.i.r.e. fuera de banda del sistema PDC especificada (dB(W/27 MHz))		-43					
p.i.r.e. fuera de banda del sistema PDC medida (dB(W/27 MHz))		-56,5					
Pérdidas por absorción del cuerpo humano (dB)		-8					
Desadaptación por polarización del SETS (dB)		-2					
Pérdidas en el trayecto a 1 413,5 MHz		152,8		153,6		154,5	
		Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores	Interiores
Número activo de EM en interiores en el haz principal del SETS		37	37	52	52	79	79
Potencia recibida de una sola EM (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-174,7	-186,7	-175,8	-187,8	-177	-189
	Valor medido	-188,2	-200,2	-189,3	-201,3	-190,5	-202,5
Potencia combinada recibida de EM en exteriores (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-159	-171	-158,6	-170,6	-158	-170
	Valor medido	-172,5	-184,5	-172,1	-184,1	-171,5	-183,5
Potencia combinada total recibida (dB(W/27 MHz))	Valor especificado	-159		-158,6		-158	
	Valor medido	-172,5		-172,1		-171,5	
Criterio de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (dB(W/27 MHz))		-174					
Nivel en exceso (dB)	Valor especificado	15		15,4		16	
	Valor medido	1,5		1,9		2,5	

(1) Valor de la especificación 3GPP (obtenido integrando la máscara en el tramo de 27 MHz correspondiente a la banda 1 400-1 427 MHz).

(2) Valor mediano obtenido en la medición. Para la medición se utilizan cuatro muestras de estaciones móviles IMT-2000 en la banda 2 GHz.

(3) Cabe señalar que un nivel de emisión no deseada medido es un valor obtenido de sólo cuatro muestras de estaciones móviles en la banda 2 GHz (NO en la banda de 1,4 GHz). Por lo tanto, es necesario tener en cuenta que este resultado presenta cierta incertidumbre debido a las hipótesis realizadas en la medición.

El Cuadro 6-5 resume los resultados de estos cálculos.

CUADRO 6-5
Resumen de los niveles de interferencia en exceso en dB

	HYDROS	SMOS	Aquarius		
			Haz 1	Haz 2	Haz 3
Valor especificado para PDC	17,7	16,6	19,3	19,7	20,3
Valor medido para PDC	10,3	9,2	12,3	12,7	13,3
Valor especificado para IMT-2000	13,1	12,0	15	15,4	16
Valor medido para IMT-2000	-0,4	-1,5	1,5	1,9	2,5

6.4.3 Cálculo de la zona de medición del SETS (pasivo) afectado por la interferencia

La Recomendación UIT-R RS.1029-2 recomienda que el nivel de interferencia no rebase más del 0,1% de la zona de observación del sensor con la condición de que la zona de medición sea un cuadrado en la superficie de la Tierra de 10 000 000 km², a menos que se justifique otro valor. El porcentaje de dicha zona de medición para los sistemas pasivos Aquarius, HYDROS y SMOS cubiertos por el área de este país se calcula como sigue:

$$377\,000\text{ km}^2 / 10^7\text{ km}^2 = 3,77\%$$

Por lo tanto, los niveles de interferencia calculados procedente de los terminales de SM que figuran en los Cuadros 6-3 y 6-4 se producen en menos del 3,77% de la zona de medición. Sin embargo, cabe señalar que el sensor pasivo puede estar sujeto a la interferencia causada por emisiones no deseadas radiadas por estaciones de otros países situados dentro de la zona de medición de 10⁷ km² que también incluye el territorio de este país.

6.4.4 Valores obtenidos

6.4.4.1 Una sola fuente

El nivel de interferencia procedente de una sola estación móvil IMT-2000 es mayor que el producido por una estación móvil PDC. Mientras tanto, cabe esperar que el número de estaciones móviles IMT-2000 sea inferior al de estaciones PDC ya que el sistema IMT-2000 en la banda 1,4 GHz probablemente se utilizará como banda de espectro adicional en algunas zonas con tráfico intenso donde la capacidad de la banda de frecuencias actualmente utilizada podría ser insuficiente para cursar dicho tráfico. Para los parámetros de la EM supuestos en los cálculos de interferencia procedente de una sola fuente aplicables a las estaciones móviles de los sistemas PDC e IMT-2000, los niveles de interferencia procedente de una sola EM no rebasan el umbral de interferencia admisible de los sensores Aquarius, HYDROS y SMOS.

6.4.4.2 Combinada

Los cálculos de interferencia realizados suponiendo los valores especificados del nivel de emisión no deseada (-53 y -43 dB(W/27MHz) para los sistemas PDC e IMT-2000, respectivamente) demuestran que el nivel de interferencia causada por las estaciones móviles de los servicios móviles es de 12 a 20 dB mayor que el criterio de interferencia admisible que figura en la Recomendación UIT-R RS.1029-2, dependiendo del tipo de sensor pasivo y de los servicios móviles instalados. Los cálculos de interferencia efectuados suponiendo los valores medidos del nivel de emisión no deseada (-60,0 y -56,5 dB(W/27 MHz) para los sistemas PDC e IMT-2000, respectivamente)

demuestran que el nivel de interferencia rebasa de -1,5 a 13 dB el criterio de protección indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2, dependiendo del tipo de sensor pasivo y de los servicios móviles instalados.

Sin embargo, cabe señalar que un nivel de emisión no deseada medido, utilizado en el estudio para los sistemas PDC e IMT-2000, se ha obtenido a partir de un pequeño número limitado de valores de muestra. Además, para el sistema IMT-2000, el nivel de emisión no deseada se obtiene a partir de estaciones móviles IMT-2000 en la banda de 2 GHz (es decir, no en la banda de 1,4 GHz). Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que estos resultados presentan cierta incertidumbre debido a las hipótesis efectuadas en este estudio.

Las condiciones indicadas a continuación aumentan el nivel de interferencia.

- a) El modelo utilizado para el cálculo no considera todos los sistemas celulares en la banda de frecuencias correspondiente. Un número mayor de estaciones móviles hace que se incremente el nivel de interferencia
- b) Las zonas situadas inmediatamente fuera del haz principal del sensor de medición no se consideran. Sólo se tiene en cuenta la zona del haz principal.
- c) No se consideran otros posibles servicios móviles fuera de un país situado en el interior del cuadrado de 10 000 000 km² de superficie.

6.5 Técnicas de reducción de la interferencia

6.5.1 SETS (pasivo)

No cabe esperar que el nivel de emisiones no deseadas procedentes de una sola portadora de telefonía móvil disminuya de forma significativa puesto que la banda del SETS está dentro del dominio no esencial de la portadora de telefonía móvil más adyacente, mientras que no es realista suponer que se satisfacen otras condiciones que podrían compensar el exceso de porcentaje de tiempo y el exceso de nivel. Por lo tanto, es muy improbable que el servicio móvil cumpla con el criterio de protección del SETS.

6.5.2 Servicio móvil

Un mayor desplazamiento de frecuencias entre la frecuencia central y los bordes de la banda pasiva podría considerarse una posible técnica de reducción de la interferencia.

La incorporación de un dispositivo de filtrado o la mejora de la atenuación obtenida mediante el filtrado puede disminuir el nivel de emisiones no deseadas procedentes de los teléfonos móviles.

6.5.3 Posibles repercusiones

6.5.3.1 SETS (pasivo)

Los actuales y futuros sensores pasivos utilizados en la anchura de banda de frecuencia correspondiente no pueden discriminar entre emisiones naturales deseadas y emisiones artificiales no deseadas. Por tanto, existe el riesgo de realizar mediciones degradadas en varias zonas. Los datos de medición no utilizables podrían afectar negativamente las iniciativas de asociaciones internacionales para obtener datos completos a escala mundial, regional o nacional a fin de satisfacer las necesidades de información sobre el medio ambiente y para apoyar los programas de mediciones científicas sobre el medio ambiente.

6.5.3.2 Servicio móvil

Si se aplican límites de emisión no deseada nuevos y/o más estrictos, será necesario realizar nuevos desarrollos y sustituir los equipos existentes. Especialmente, será preciso incorporar dispositivos de filtrado o mejorar la atenuación lograda mediante el filtrado, todo lo cual tiene repercusiones en el

tamaño de la estación móvil y en la eficacia de su consumo de potencia e impondrá restricciones indebidas teniendo en cuenta la demanda del mercado de terminales de usuario para EM de bajo coste y tamaño reducido.

6.6 Resultados de los estudios

6.6.1 Resumen

Este estudio ha abordado la compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 1 400-1 427 MHz y los servicios móviles en la banda 1 429-1 452 MHz. Los estudios de compatibilidad que se han realizado suponiendo los valores especificados de nivel de emisión no deseada (-53 y -43 dB(W/27 MHz) para los sistemas PDC e IMT-2000, respectivamente) demuestran que el nivel de interferencia procedente de estaciones móviles en los servicios móviles es de 12 a 20 dB superior al criterio de protección que figura en la Recomendación UIT-R RS.1029-2, dependiendo del tipo de sensor pasivo y de los servicios móviles instalados. Los estudios de compatibilidad realizados suponiendo los valores medidos de nivel de emisión no deseada ($-60,0$ y $-56,5$ dB(W/27 MHz) para los sistemas PDC e IMT-2000, respectivamente) demuestran que el nivel de interferencia rebasa en valores que van de $-1,5$ a 13 dB el criterio de protección de la Recomendación UIT -R RS.1029-2, dependiendo del tipo de sensor pasivo y de los servicios móviles instalados.

Sin embargo, cabe señalar que un nivel de emisión no deseada medido utilizado en el estudio para los sistemas PDC e IMT-2000 se ha obtenido a partir de un pequeño número de valores de muestra. Además, para el sistema IMT-2000, el nivel de emisión no deseada medido se obtiene de las estaciones móviles IMT-2000 en la banda de 2 GHz (es decir, no en la banda de 1,4 GHz). Por lo tanto, debe tenerse en cuenta que estos resultados presentan cierta incertidumbre debido a las hipótesis realizadas en este estadio.

6.6.2 Conclusiones

Cabe señalar las siguientes conclusiones:

- El estudio realizado para adoptar los valores especificados del nivel de emisión no deseada (-53 dB(W/27 MHz) para el sistema PDC y -43 dB(W/27 MHz) para el sistema IMT-2000) ha puesto en evidencia un nivel en exceso (de unos 12 a 20 dB) con respecto a los niveles de potencia de interferencia admisible del SETS (pasivo). La limitación de la emisión no deseada de los terminales de EM a dichos niveles no impone restricciones indebidas sobre tales sistemas de EM.
- El valor medido adoptado en el estudio (-60 dB(W/27 MHz)) para el sistema PDC sigue rebasando los niveles de potencia de interferencia admisible del SETS (pasivo) de 9 a 13 dB aproximadamente. El valor de medición adoptado en el estudio ($-56,5$ dB(W/27 MHz)) para el sistema IMT-2000 no rebasa los niveles de potencia de interferencia admisible del SETS (pasivo) en algunos casos. Sin embargo, cabe señalar que todas las estaciones móviles se fabrican para satisfacer los valores que figuran en la especificación, es decir, no para satisfacer los valores medidos empleados en este estudio. No hay garantía de que todas las estaciones móviles puedan lograr estos niveles medidos de emisión no deseada en todas las circunstancias.
- Limitando los niveles de emisión no deseada de los terminales de EM al valor de -73 dB(W/27 MHz) para el sistema PDC y -59 dB(W/27 MHz) para el sistema IMT-2000 en esta banda se podrían satisfacer los niveles de potencia de interferencia admisible del SETS (pasivo) en este estudio pero ello impondría restricciones indebidas a la EM.

- La adopción de una separación de frecuencias suficiente entre la banda del SETS (pasivo) y la banda del servicio móvil, y la adición de un filtrado en el terminal de la EM pueden constituir posibles técnicas de reducción de la interferencia; sin embargo, la aplicación de dichas técnicas para proporcionar plena protección al SETS (pasivo) impondría restricciones indebidas a las estaciones móviles de los sistemas celulares.
- Limitando los niveles de emisión no deseada de la EM al valor de -60 dB(W/27 MHz) en esta banda se podría proporcionar protección adecuada al SETS (pasivo) en algunos casos, pero ello impondría restricciones indebidas a la EM. No obstante, los niveles de emisión no deseada relativos a la especificación de -43 dB(W/27 MHz) no impondrían ninguna nueva restricción en tales sistemas pero provocaría unos niveles inaceptablemente elevados de interferencia al SETS (pasivo).
- No se han realizado estudios con respecto a la emisión no deseada de los sistemas de telemetría móvil aeronáutica en la banda de frecuencias 1 429-1 452 MHz.

7 **Análisis de compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 23,6-24 GHz y el SES en la banda 22,55-23,55 GHz**

7.1 **SETS (pasivo)**

7.1.1 **Banda atribuida**

La banda 23,6-24 GHz está atribuida al SETS (pasivo), al SRA y al SIE (pasivo). Obsérvese que la banda 23,6-24 GHz está contemplada en el número 5.340 del RR. En el Cuadro 7-1 se muestran las atribuciones a bandas adyacentes a la banda pasiva 23,6-24 GHz.

7.1.2 **Aplicación**

Las mediciones pasivas en torno a las frecuencias 23,8 GHz (contenido total de vapor de agua), 31,5 GHz (canal de ventana) y 90 GHz (agua en estado líquido) proporcionan datos complementarios que desempeñan un papel predominante en el proceso de obtención de mediciones de la temperatura efectuadas en el espectro de absorción de O₂. Estas mediciones complementarias deben tener características radiométricas y geométricas y criterios de disponibilidad compatibles con las mediciones de la temperatura.

CUADRO 7-1

Atribuciones en las bandas adyacentes

Servicios con atribuciones en bandas inferiores		Banda pasiva	Servicios con atribuciones en la banda superior
22,55-23,55 GHz	23,55-23,6 GHz	23,6-24 GHz	24-24,05 GHz
FIJO ENTRE SATÉLITES MÓVIL 5.149	FIJO MÓVIL	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340	AFICIONADOS AFICIONADOS POR SATÉLITE 5.150

NOTA 1 – La atribución al servicio entre satélites podría utilizarse para sistemas geoestacionarios y no geoestacionarios.

7.1.3 Criterios de protección necesarios

En la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se indican los criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite.

Los criterios aplicables a las mediciones son los siguientes:

- El primer criterio es la máxima potencia interferente admisible que reciba en sensor del SETS causada por todas las fuentes potenciales de interferencia. El umbral de interferencia es -166 dBW en una anchura de banda de 200 MHz;
- El segundo criterio es la máxima proporción tolerable de células de medición perdidas debido a la interferencia.

La proporción de células de medición perdidas debido a la interferencia no debe rebasar el 0,01%. Este límite de frecuencia de pérdidas es válido para sondas de barrido mecánico y de barrido transversal del nadir y para barridos cónicos. Para el nivel de 0,01%, la zona de medición es cuadrada de 2 000 000 km² sobre la superficie de la Tierra, a menos que se justifique otro valor.

7.1.4 Características de funcionamiento

7.1.4.1 Instrumentos de barrido cónico

En el Cuadro 7-2 se indican las características principales de los sensores de barrido mecánico.

CUADRO 7-2

Características típicas de los sensores de barrido cónico

Canal 23,6-24 GHz	MEGHA-TROPIC	AMSR-E	AMSR	CMIS
Anchura de banda del canal (MHz)	400	400	400	400
Tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria del satélite (km)	38,7	17,6	10	14,2
Eficacia del haz (%)	96	97	96	98
Ángulo de incidencia i en el centro de la huella (grados)	52,3	55	55	53,6
Altitud del satélite (km)	817	705	52	828
Máxima ganancia de la antena (dBi)	40	48	48	52
Diámetro del reflector	0,6 m	1,6 m	2,0 m	2,2 m
Diagrama de ganancia de la antena	Fig. 7-2	Fig. 7-3	Fig. 7-4	Fig. 7-5
Anchura de haz de la antena a potencia mitad $\theta_{3\text{ dB}}$ (grados)	1,8	0,9	0,5	0,7
Superficie de píxeles (km ²)	1 926	425	132	264

El tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria se calcula a partir del contorno de -3 dB del diagrama de la antena teniendo en cuenta la altitud del satélite y el ángulo de incidencia del eje de puntería del haz.

Cabe señalar que este tipo de sensores del SETS no son satélites que apuntan al nadir, sino sensores del SETS configurados para efectuar un barrido cónico centrado en la dirección del nadir. Para la interpretación de las mediciones de superficie es importante mantener un ángulo de incidencia constante a lo largo de todas las líneas de barrido. En la Fig. 7-1 se describe la geometría de los instrumentos de barrido cónico. La velocidad de rotación del instrumento (no la del satélite) varía entre $w = 20$ r.p.m. y 40 r.p.m.

En la Fig. 7-1 se representa la configuración de los sensores de barrido cónico.

Las Figs. 7-2 a 7-5 muestran el diagrama de ganancia de la antena relativo a la ganancia máxima del satélite MEGHA-TROPIC y del EOS AMSR-E, respectivamente.

FIGURA 7-1

Configuración de un radiómetro de microondas característico con barrido cónico

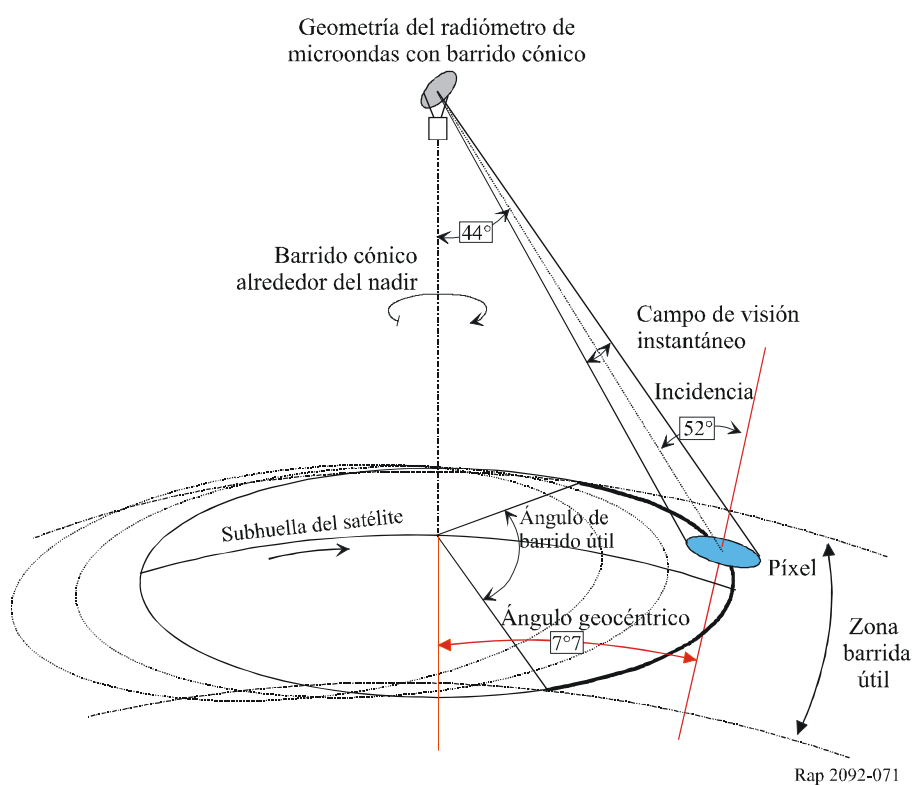


FIGURA 7-2

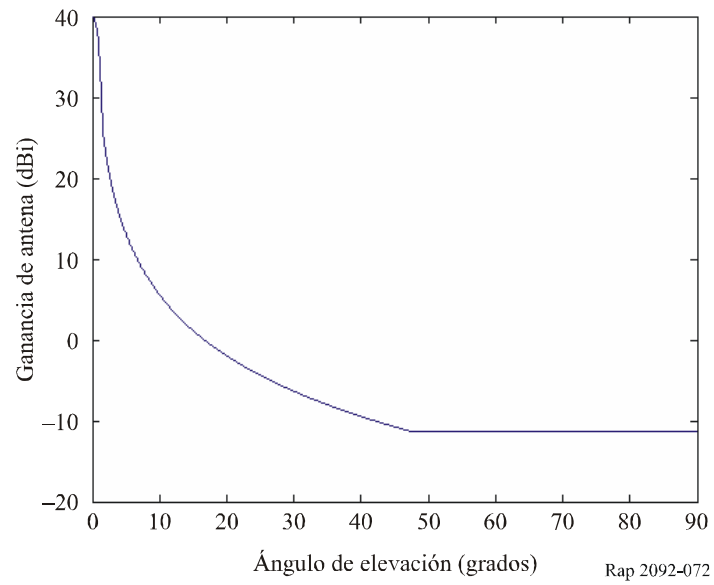
Diagrama de ganancia de la antena del sensor MEGHA-TROPIC

FIGURA 7-3

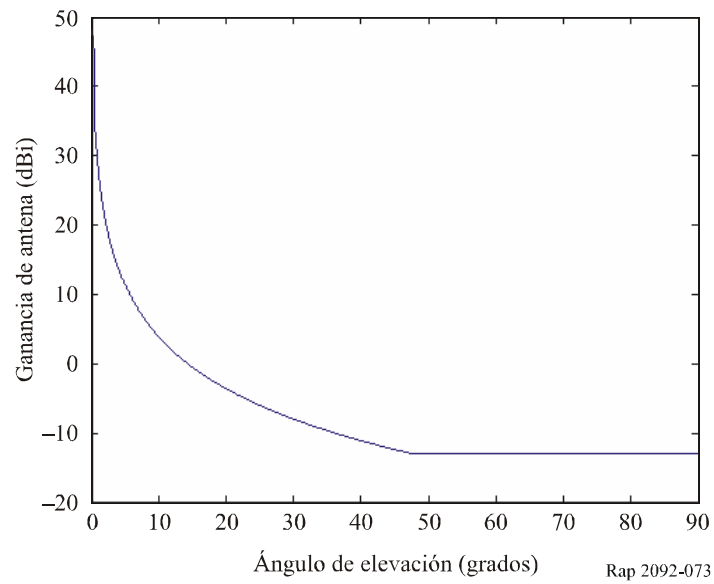
Diagrama de ganancia de antena del radiómetro AMSR-E

FIGURA 7-4

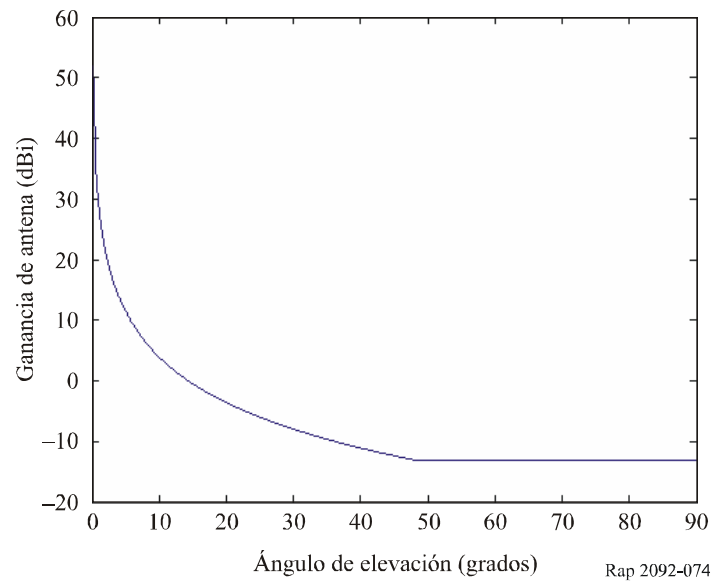
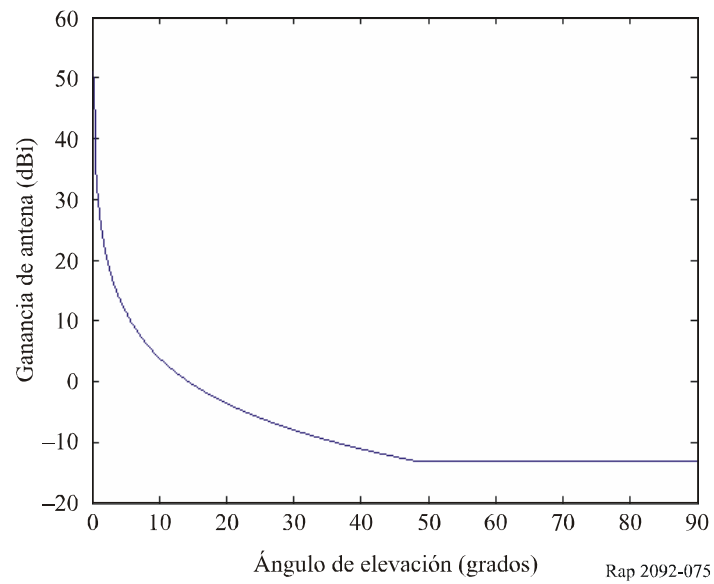
Diagrama de ganancia de antena del radiómetro AMSR

FIGURA 7-5

Diagrama de ganancia de antena del radiómetro CMIS

7.1.4.2 Características de funcionamiento de los instrumentos del nadir

Los sensores pasivos del nadir considerados en este análisis son el AMSU, un instrumento de barrido mecánico transversal alrededor del nadir, y la sonda vertical de barrido transversal. Esta última sonda es un instrumento estático sin partes móviles. La característica principal del sensor de barrido transversal es que todos los píxeles de la línea de barrido se adquieren simultáneamente, a diferencia de los sensores de barrido mecánicos (por ejemplo el tipo AMSU) que funcionan de manera secuencial, lo que permite aumentar considerablemente el tiempo de integración y la resolución del radiómetro. La sonda de barrido transversal incorpora una antena fija de adquisición de datos que apunta en la dirección del nadir y una antena especial para la calibración del espacio frío. En el caso del AMSU, la calibración de la antena principal se lleva a cabo una vez cada revolución de barrido cuando apunta en la dirección del espacio frío. En el Cuadro 7-3 se indican las características principales de estos sensores.

CUADRO 7-3

Características de los sensores del nadir

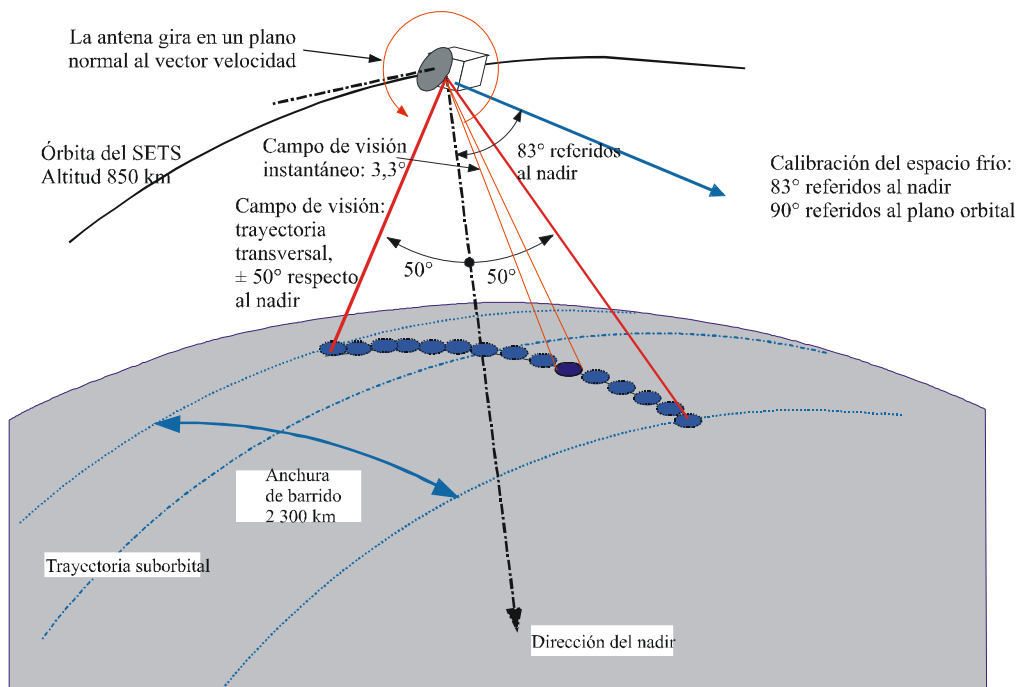
Parámetros	AMSU-A (barrido mecánico)	Sonda de barrido transversal (barrido electrónico)
Ganancia de la antena principal (dBi)	36	45
Anchura de haz a potencia mitad a -3 dB (grados)	3,3	1,1
Tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria del satélite (km)	48	16
Anchura de banda de medición (MHz)	Variable	Variable
Polarización	V	H/V ?
Altitud del sensor (km)	850	850
Inclinación del satélite (grados)	98,8	98,8
Periodo orbital (mn)	102	102
Ganancia de la antena de calibración del espacio frío (dBi)	36	35
Ángulo de calibración del espacio frío (respecto la huella del satélite) (grados)	90	90
Ángulo de calibración del espacio frío (respecto al nadir) (grados)	83	83
Diámetro del reflector (m)	0,28	0,9
Superficie de píxeles (km ²)	1 824	206

La configuración orbital de estos sensores se ilustra en las Figs. 7-6 y 7-7.

FIGURA 7-6

Configuración orbital de la sonda de nadir AMSU

(Configuración orbital de la sonda del nadir con barrido mecánico)

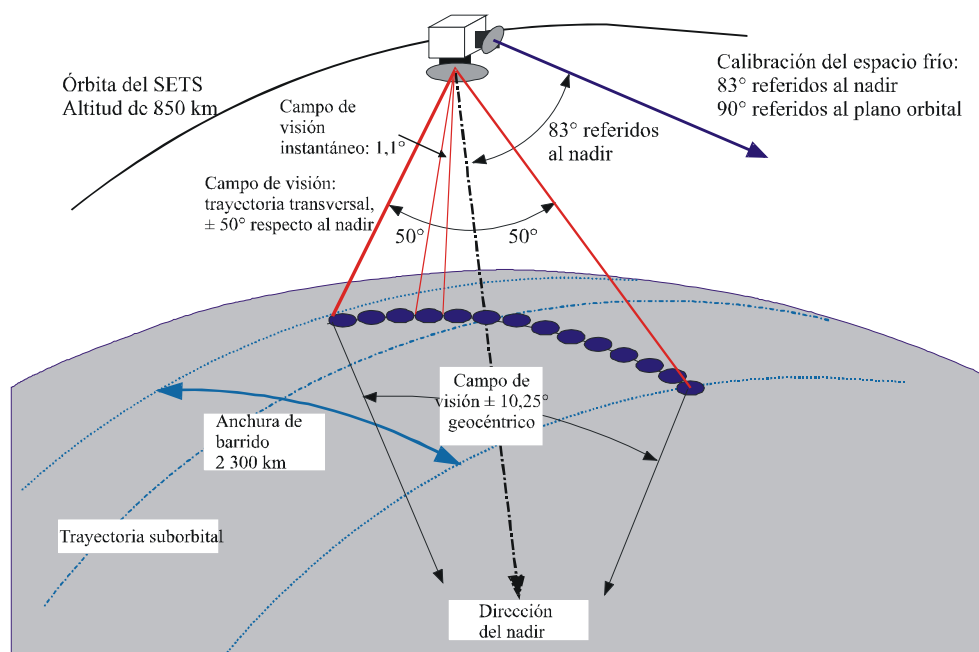


Rap 2092-076

FIGURA 7-7

Configuración orbital de la sonda de barrido transversal de nadir

(Configuración orbital de la sonda de barrido transversal pasiva)



Rap 2092-077

En la Fig. 7-8 se muestra el diagrama de la antena del AMSU-A. El sistema de la antena de barrido transversal consta de unos 90 haces, cada uno con una ganancia isótropa de 45 dBi y una anchura de haz a potencia mitad de $1,1^\circ$ aproximadamente. El diagrama compuesto de abanico abarca un ángulo de 100° (transversal y simétrico en cada lado del vector velocidad del satélite). La estructura detallada del diagrama de la antena se ilustra en la Fig. 7-9 para los primeros 11 haces contiguos a lo largo de un lado del eje transversal. El modelo de cada haz se construye conforme al diagrama de la antena de referencia descrito en la Recomendación UIT-R F.1245.

FIGURA 7-8

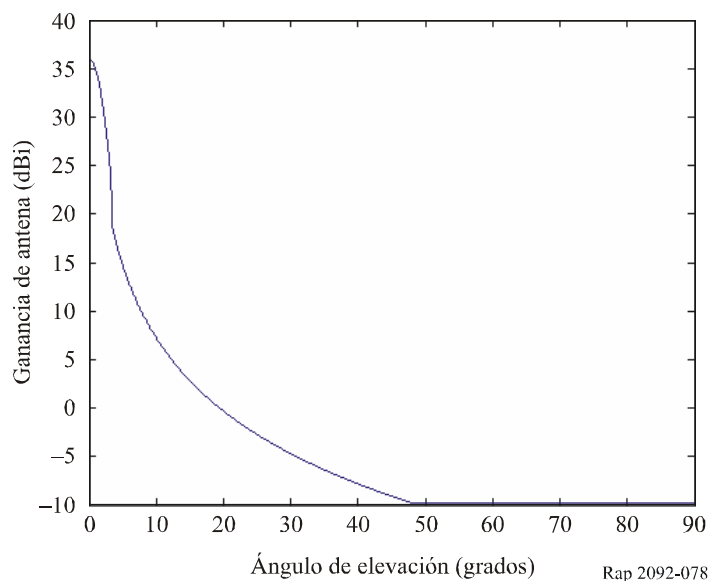
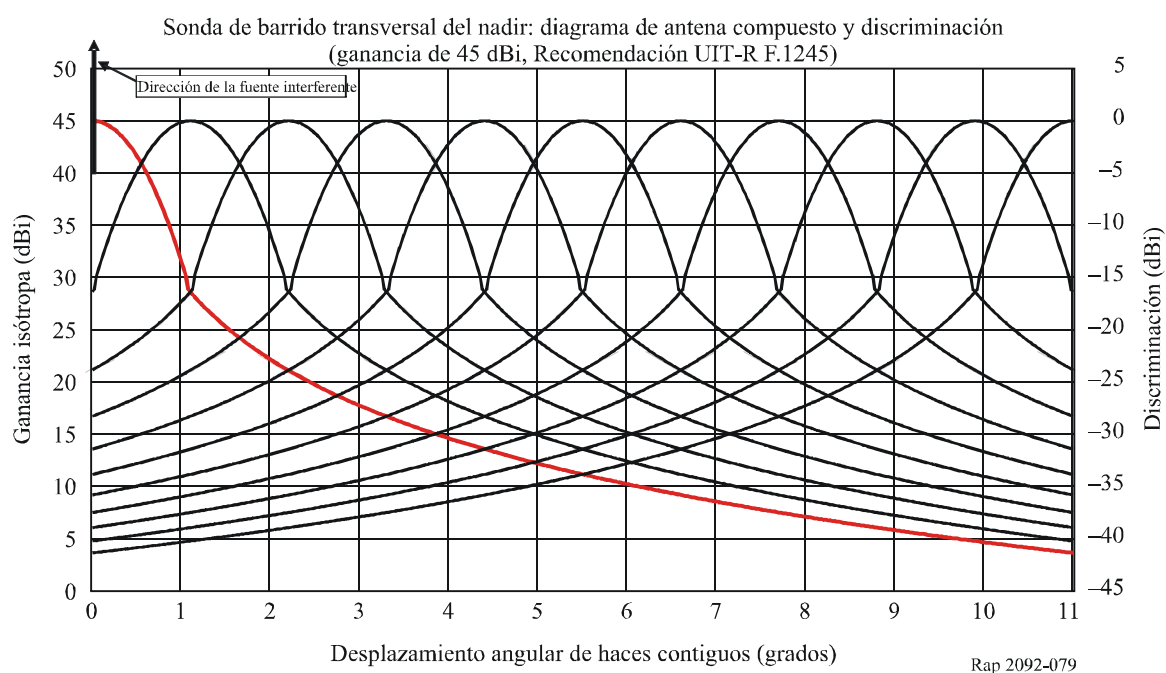
Diagrama de ganancia de antena del radiómetro AMSU

FIGURA 7-9

Estructura detallada del diagrama de antena de barrido transversal compuesto y discriminación

Sea el *haz de referencia* (0 dB) aquel haz de la antena que apunta en dirección de la fuente interferente. En el Cuadro 7-4 se indica el valor numérico de la discriminación de cada diagrama en los siguientes 10 haces contiguos a cada lado del *haz de referencia*. Este parámetro es importante al examinar la interferencia producida por un sistema interferente que atraviesa el plano de barrido del sensor pasivo cuando la altitud de dicho sistema interferente es inferior a la órbita del SETS.

CUADRO 7-4

Discriminación entre los haces de antena contiguos

Haz	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discriminación (dB)	0	-16,4	-23,9	-28,3	-31,4	-33,8	-35,8	-37,5	-38,3	-40,2	-41,4

Dado que todos los haces se activan simultáneamente y que la discriminación entre haces adjuntos no es infinita, la interferencia podría afectar simultáneamente a varios haces contiguos dependiendo de su magnitud y de la configuración geométrica.

En el Anexo 13 relativo al análisis de compatibilidad entre las bandas activas y pasivas alrededor de 30 GHz se muestra que es equivalente utilizar la representación combinada de la antena de barrido transversal o la estructura detallada. Por consiguiente, en aras de la simplicidad se propone utilizar en el análisis dinámico la representación compuesta de la antena de barrido transversal.

7.2 Servicio entre satélites (SES)**7.2.1 Banda de transmisión atribuida**

La banda de transmisión considerada es la 22,55-23,55 GHz (véase el Cuadro 7-1).

7.2.2 Aplicación

El servicio activo considerado en el presente análisis es el SES. En la Recomendación UIT-R S.1328 se describen las características del sistema de satélites que se han de tener en cuenta en los análisis de la compartición de frecuencias entre sistemas de satélites geoestacionarios y no geoestacionarios del SFS incluidos los enlaces de conexión para el SMS. Ahora bien, dicha Recomendación no contiene información sobre los enlaces entre satélites.

7.2.3 Representación de los espectros de emisiones no deseadas

El nivel de emisiones no deseadas procedentes de servicios dinámicos que reciben los sensores del SETS (pasivo) se calcula integrando los niveles de emisión que quedan comprendidos dentro de la banda pasiva. Esta integración se basa los parámetros operativos de los sistemas activos y en la máscara de emisiones no deseadas para los sistemas activos basada en la reglamentación nacional que rige el sistema o en la Recomendación UIT-R SM.1541.

7.2.4 Características del transmisor

Actualmente hay tres sistemas de satélites funcionando con enlaces entre satélites en la banda 22,55-23,5 GHz.

7.2.4.1 Red de satélites no geoestacionarios HIBLEO 2

En el Cuadro 7-5 se describen las características principales del sistema de satélites no geoestacionarios HIBLEO-2/2FL del SMS y en el Cuadro 7-6 su configuración orbital.

Resulta difícil saber cuántos canales funcionan de manera continua y simultánea para el sistema en su totalidad. La carga total del sistema es muy desigual y de cada satélite parten múltiples haces en diferentes direcciones. En el modo de funcionamiento normal puede suponerse razonablemente que los canales no funcionan simultáneamente.

CUADRO 7-5
Especificaciones del sistema HIBLEO 2

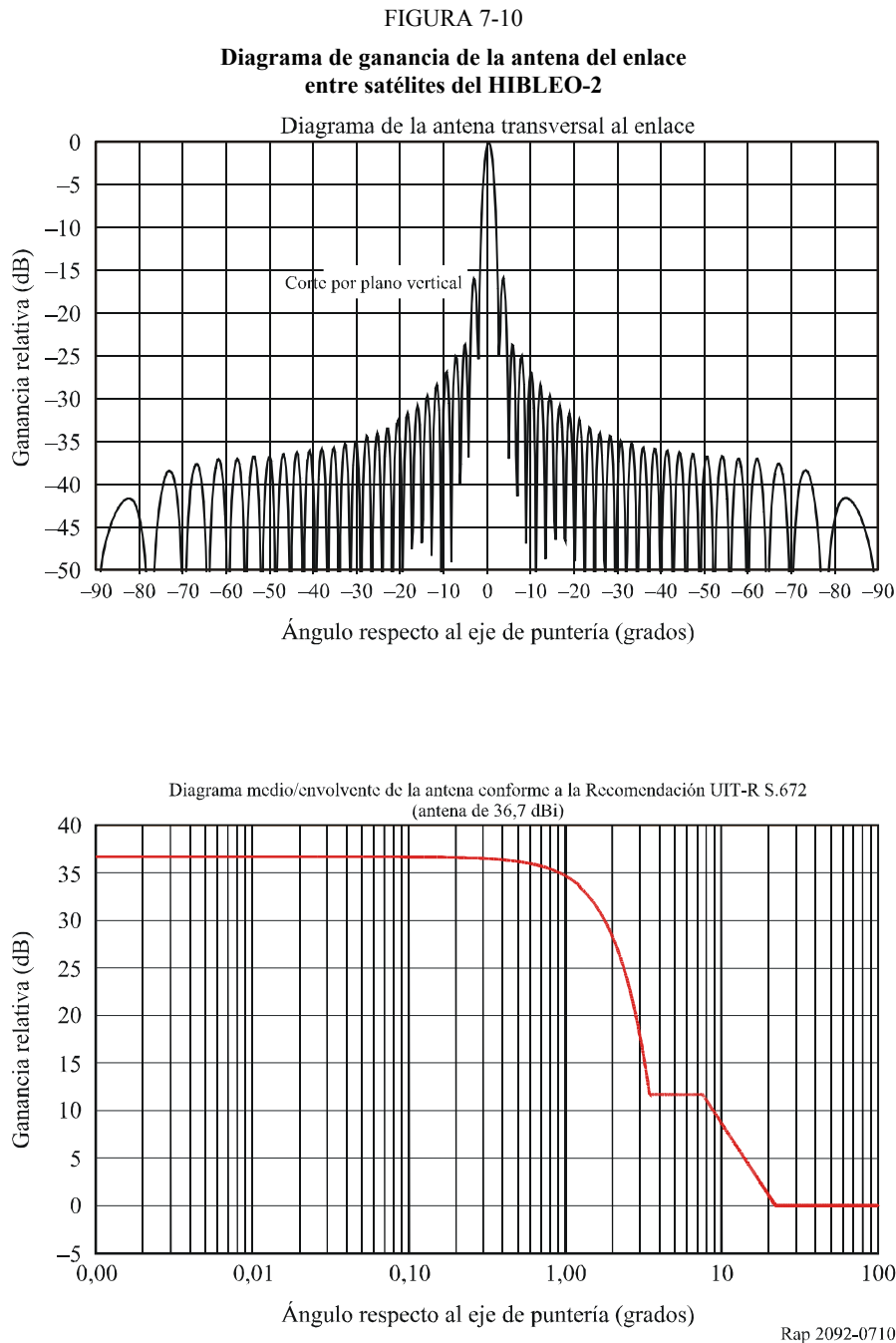
Parámetro del sistema	Valor
Número de planos de satélite	6
Número de satélites por plano	11
Altitud nominal	780
Tipo de órbita	Polar circular (ángulo de inclinación de 86,5°)
Periodo orbital (mn)	100
Gama de frecuencias (GHz)	23,183-23,377
Anchura de banda necesaria para 8 canales	8 × 19 MHz canales (anchura de banda total 194 MHz). La anchura de banda necesaria por canal es de 19 MHz. La separación de canales es 25 MHz.
Potencia de cresta del transmisor (por canal de 19 MHz)	3 dBW
Ganancia de antena (una antena por canal)	36,6 dBi
p.i.r.e. (un solo canal de 19 MHz)	39,6 dBW

CUADRO 7-6

Anomalías medias para satélites HIBLEO-2

Plano 1 Ascensión recta del nodo ascendente $\Omega = 0$		Plano 2 Ascensión recta del nodo ascendente $\Omega = 31,6$		Plano 3 Ascensión recta del nodo ascendente $\Omega = 63,2$	
Satélite	Anomalía media	Satélite	Anomalía media	Satélite	Anomalía media
1	100,7752	12	83,1116	23	98,1752
2	68,048	13	50,3844	24	65,448
3	35,3207	14	17,6571	25	32,7207
4	2,5934	15	344,9298	26	359,9934
5	329,8661	16	312,2025	27	327,2661
6	297,1389	17	279,4753	28	294,5389
7	264,4116	18	246,748	29	261,8116
8	231,6843	19	214,0207	30	229,0843
9	198,9571	20	181,2935	31	196,3571
10	166,2298	21	148,5662	32	163,6298
11	133,5025	22	115,8389	33	130,9025
34	80,5116	45	95,5752	56	77,9116
35	47,7844	46	62,848	57	45,1844
36	15,0571	47	30,1207	58	12,4571
37	342,3298	48	357,3934	59	339,7298
38	309,6025	49	324,6661	60	307,0025
39	276,8753	50	291,9389	61	274,2753
40	244,148	51	259,2116	62	241,548
41	211,4207	52	226,4843	63	208,8207
42	178,6935	53	193,7571	64	176,0935
43	145,9662	54	161,0298	65	143,3662
44	113,2389	55	128,3025	66	110,6389

En la Fig. 7-10 se muestra el diagrama de ganancia de la antena del enlace entre satélites del HIBLEO-2.



7.2.4.2 Características paramétricas de los enlaces entre satélites de la red de satélites geoestacionarios TDRSS

En esta banda existen otros sistema que también utilizan enlaces entre satélites. La Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio (NASA) controla el sistema de satélites de seguimiento y retransmisión de datos (TDRSS) que proporciona enlaces de comunicaciones entre satélites con los satélites geoestacionarios del TDRSS y los satélites en órbita terrestre baja, incluidos los transbordadores espaciales y la estación espacial internacional.

El TDRSS recurre a satélites geoestacionarios para retransmitir datos, telemetría e instrucciones entre satélites en órbita terrestre baja, incluidos los transbordadores espaciales (STS) y la estación espacial internacional (EEI), y una estación terrena central situada en White Sands (Nuevo México) en los Estados Unidos de América. La posición de los satélites del TDRSS es 174° W (186° E) y 41° W (319° E).

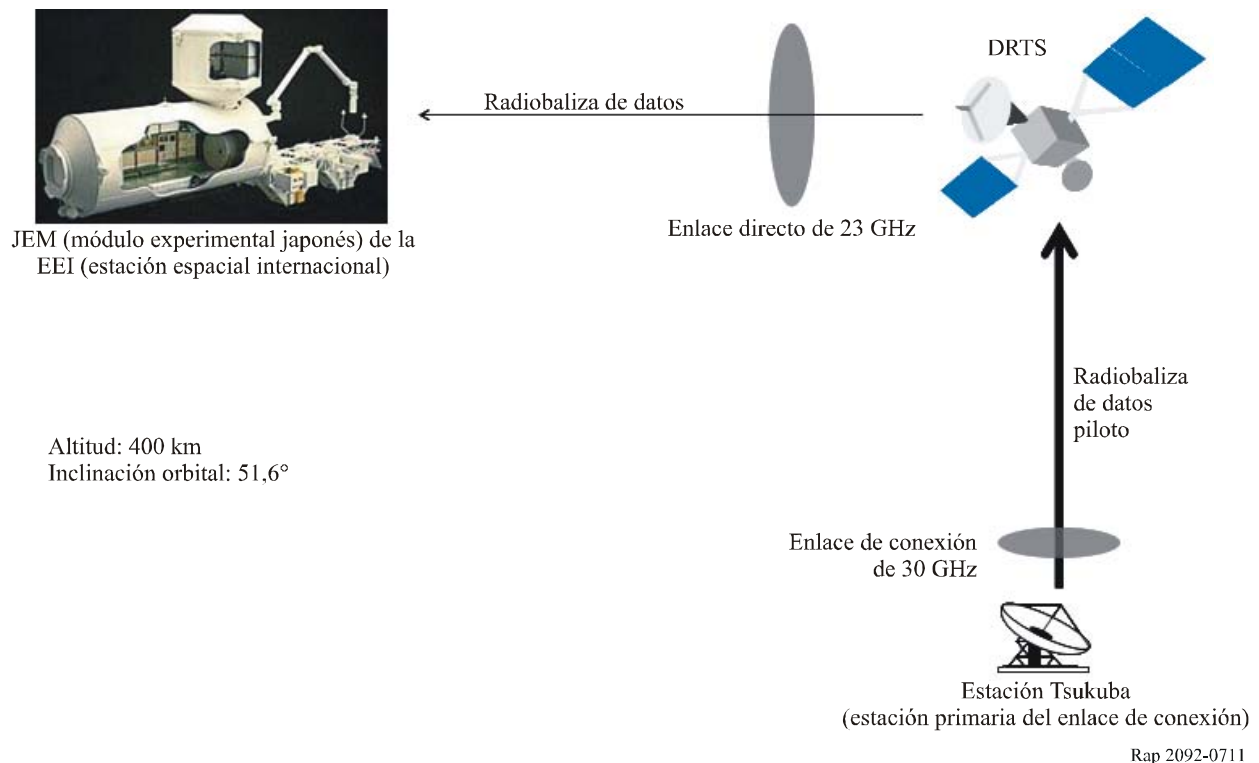
La segunda generación de satélites TDRSS (denominada TDRSS-H, I y J) dispone de enlaces entre satélites en la banda 22,55-23,55 GHz para proporcionar el enlace directo de su servicio de acceso único en banda Ka (KSA). Cada satélite TDRSS consta de dos de estos enlaces, cada uno con una antena distinta de alta ganancia y orientable a bordo del satélite. Los parámetros de cada enlace son los siguientes:

- Anchura de banda necesaria = 50 MHz
- p.i.r.e. = 71 dBW
- Frecuencia asignada más próxima a la banda pasiva = 23,505 GHz
- Ganancia de cresta de la antena = 58 dBi.

7.2.4.3 Sistema de satélites de prueba de retransmisión de datos

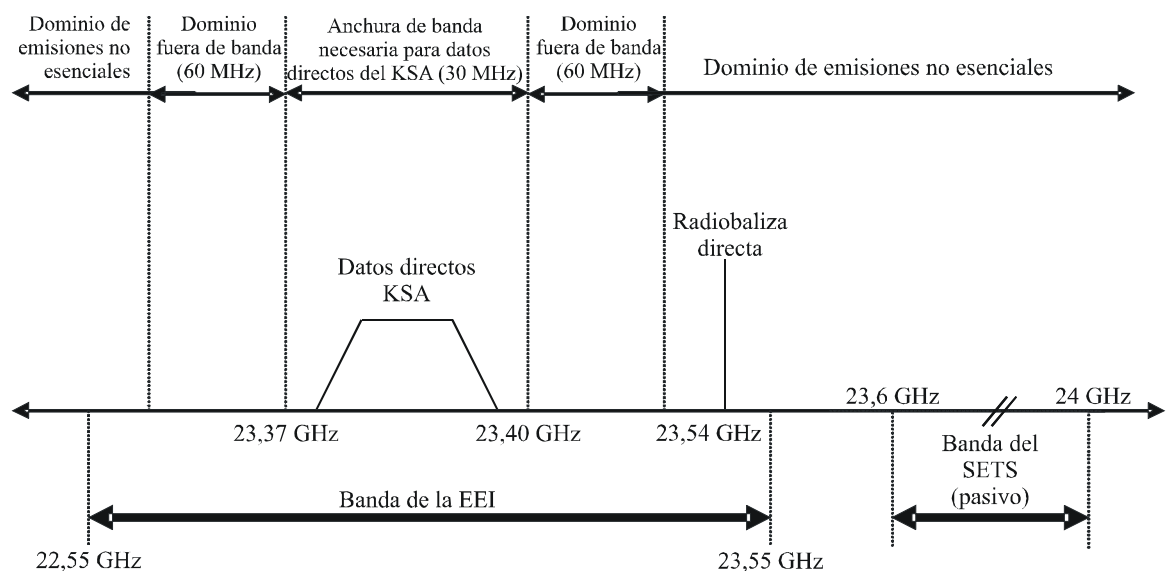
A continuación se incluye información sobre el enlace entre satélites del DRTS (satélite de prueba de retransmisión de datos) representado en la Fig. 7-11.

FIGURA 7-11
Sistema DRTS



La Fig. 7-12 muestra el espectro del enlace directo del DRTS a la EEI. Como puede observarse, la banda del SETS (pasivo) se encuentra en el dominio de emisiones no esenciales del enlace directo del DRTS a la EEI.

FIGURE 7-12
Canales del enlace directo del DRTS a la EEI



Rap 2092-0712

En el Cuadro II del Apéndice 3 al RR se especifica que el valor de la atenuación utilizado para calcular los máximos niveles de potencia de emisiones no esenciales admisibles para los equipos radioeléctricos es $43 + 10 \log(P)$ o 60 dBc, el valor que sea menos restrictivo de estos dos para los servicios espaciales (estaciones espaciales). Así pues, los niveles de atenuación de las emisiones no deseadas de las señales del enlace con la EEI se indican en el siguiente Cuadro 7-7:

CUADRO 7-7

Atenuación de las emisiones no esenciales

	Datos directos KSA	Señal de radiobaliza
Nivel de atenuación (dBc)	38,5 ⁽¹⁾	59,8 ⁽²⁾

⁽¹⁾ $43 + 10 \times \log(0,36 \text{ W}) = 38,5 \text{ dBc} (< 60 \text{ dBc})$

⁽²⁾ $43 + 10 \times \log(48 \text{ W}) = 59,8 \text{ dBc} (< 60 \text{ dBc})$

Las características de transmisión de los satélites del DRTS varían dependiendo del satélite usuario con el que se comunica el DRTS. Se supone que el módulo experimental japonés (JEM) conectado a la estación espacial internacional es el satélite usuario más adecuado para este análisis, por cuanto el enlace directo del DRTS transmite hacia el JEM a 23 GHz.

Como puede verse en la Fig. 7-12, las señales que se transmiten directamente del DRTS a la EEI en la banda 22,55-23,55 GHz son dos, a saber, los datos directos KSA y la señal de radiobaliza. Estas señales se transmiten un total de 8 h por día mientras el JEM se encuentra en la zona de visibilidad del satélite del DRTS.

En el Cuadro 7-8 figura la información relativa al enlace directo del DRTS cuando comunica con el JEM.

CUADRO 7-8

**Especificaciones del sistema de satélites DRTS
(enlace directo de la EEI con el JEM)**

Parámetro del sistema	Datos directos	Señal de radiobaliza
Número de satélites	1	
Altitud nominal	35 786	
Tipo de órbita	GEO	
Gama de frecuencias	23,37-23,40 GHz	23,54 GHz
Anchura de banda necesaria para los canales de datos	30 MHz	Sin modulación 0,004 MHz (anchura de banda de referencia en el Apéndice 3 del RR)
Potencia de cresta del transmisor	-4,4 dBW	16,8 dBW
Ganancia de antena (incluidas las pérdidas en el alimentador)	55,1 dBi	20,8 dBi
p.i.r.e.	50,7 dBW	37,6 dBW

Los datos directos DRTS y la señal de radiobaliza se transmiten por diferentes antenas. La Fig. 7-13 muestra el diagrama de ganancia de antena del DRTS para la transmisión directa de datos hacia la EEI. La anchura de haz es muy pequeña; a saber, 0,23° para una caída de ganancia de -3 dB.

La Fig. 7-14 muestra el diagrama de antena de radiobaliza del DRTS, cuya gran anchura de haz se utiliza para ayuda al seguimiento.

FIGURA 7-13

**Diagrama de ganancia de la antena del SES del DRTS
que transmite datos directos**

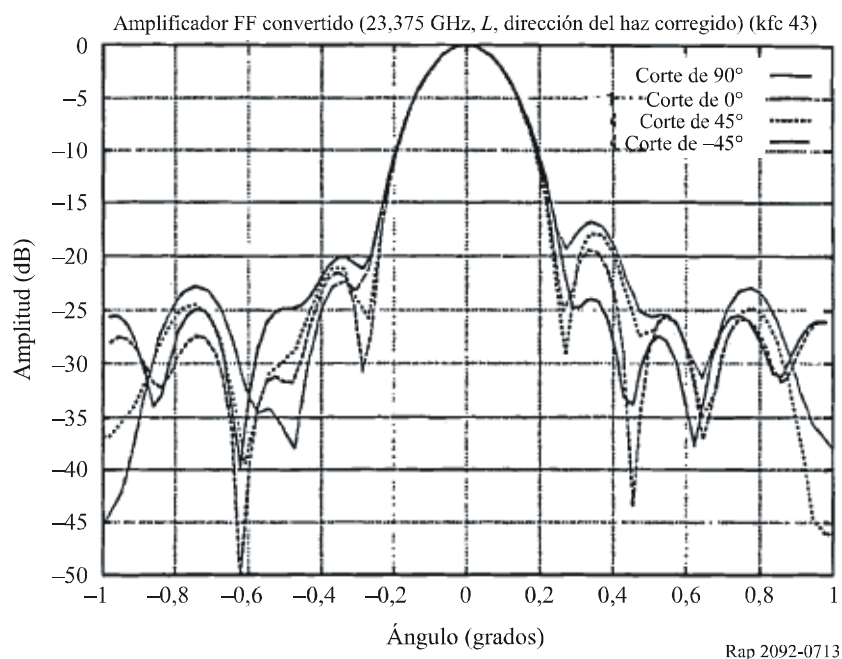
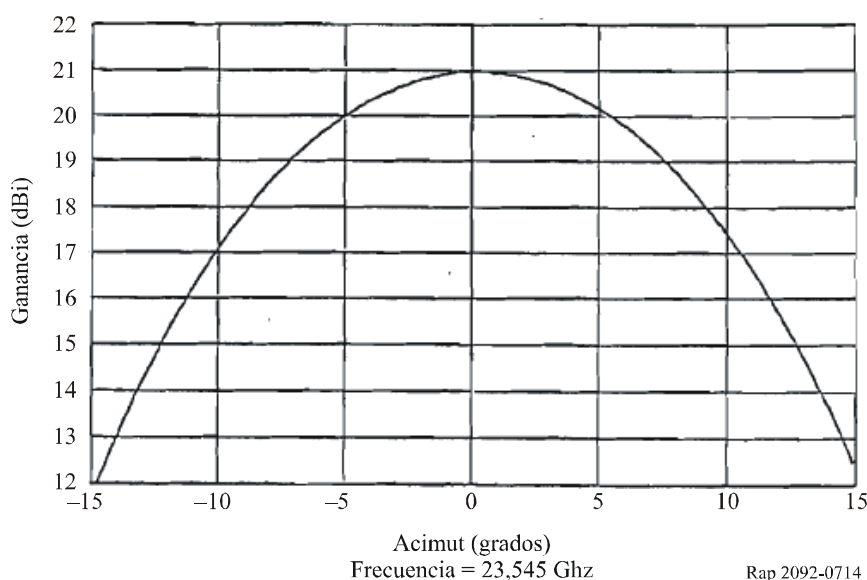


FIGURA 7-14

**Diagrama de ganancia de la antena del DRTS
que transmite la señal de radiobaliza**



7.3 Criterios de interferencia para la compatibilidad

La interferencia puede recibirse simultáneamente de diversas fuentes de varios servicios. El valor indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (para una banda determinada) es el máximo nivel de interferencia admisible para el sensor pasivo procedente de todas las fuentes de interferencia. En la banda 23,6-24 GHz debe utilizarse un nivel de compatibilidad de -166 dBW en cualquier anchura de banda de 200 MHz.

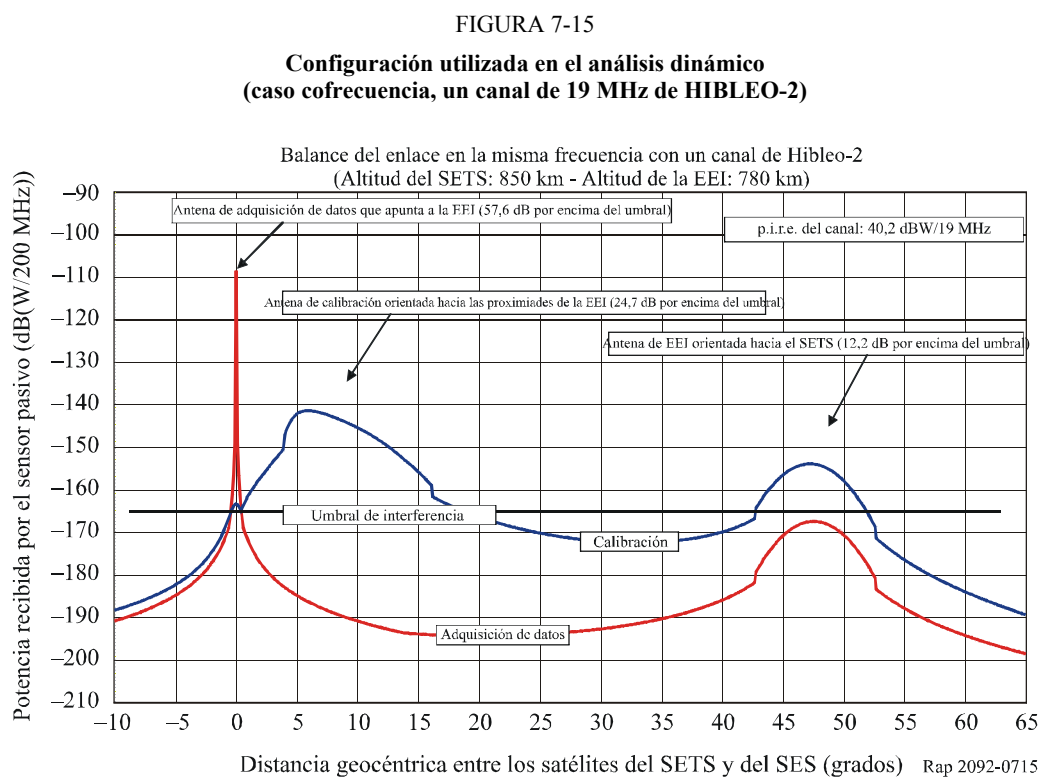
7.4 Evaluación de la interferencia

Se realizaron simulaciones dinámicas para determinar la incidencia de las emisiones no deseadas procedentes de enlaces entre satélites de los sistemas HIBLEO-2 y TDRSS en los sensores pasivos descritos en § 7.1.4. Se efectuaron también análisis semiestáticos para los sistemas de satélites Hibleo-2 y DARTS.

7.4.1 Análisis semiestáticos

7.4.1.1 Análisis semiestático de interferencia de HIBLEO-2

En el gráfico de la Fig. 7-15 se ilustra la configuración de caso más desfavorable para un canal de 19 MHz de HIBLEO-2. Sólo se tiene en cuenta el haz del nadir de la antenna de adquisición de datos. La potencia interferente recibida puede variar en función del haz de la antenna del sensor considerada y la orientación de la antenna de la EEI.



Dependiendo de la distancia geocéntrica entre las órbitas de la EEI y del SET (satélite de exploración de la Tierra), se producen tres eventos de interferencia:

- A una distancia angular de 0° entre las dos órbitas el haz del nadir de la antenna de adquisición de datos apunta a la antenna de la EEI. Se establece el trayecto interferente entre los *lóbulos lejanos de la antenna de la EEI* y el *haz de la antenna de barrido transversal*. El nivel de interferencia producido por un canal de la EEI está 57,6 dB por encima del umbral y es proporcional al número de canales transmisores activos en el satélite de la EEI. Dado que la diferenciación entre haces adyacentes no es infinita (véase el Cuadro 7-4), todos los haces de la antenna quedan afectados por la interferencia.

Como todos los haces de la antenna de adquisición de datos están activos de manera permanente, se produce una situación similar para todos los que se encuentran dentro una distancia angular de $\pm 10,25^\circ$ entre las dos órbitas.

- En torno a la distancia angular de 6° entre las dos órbitas, la antena de calibración del espacio frío apunta cerca de la EEI. El nivel de interferencia es 33,7 dB inferior al umbral. En esta situación los datos adquiridos por el sensor no son válidos.
- Alrededor de la distancia angular de 47° entre las dos órbitas, el SET se encuentra en el lóbulo principal de la antena de la EEI. Se establece el trayecto interferente del lóbulo principal de la antena de la EEI hacia los lóbulos lejanos de las antenas de barrido transversal. El nivel de interferencia más desfavorable (antena de calibración del espacio frío) está 21,2 dB por encima del umbral. Los datos tomados con la sonda no son válidos.

Al realizar el análisis dinámico es preciso examinar detenidamente cada caso específico. En todos los casos, cada haz interferido se cuenta como un evento de interferencia.

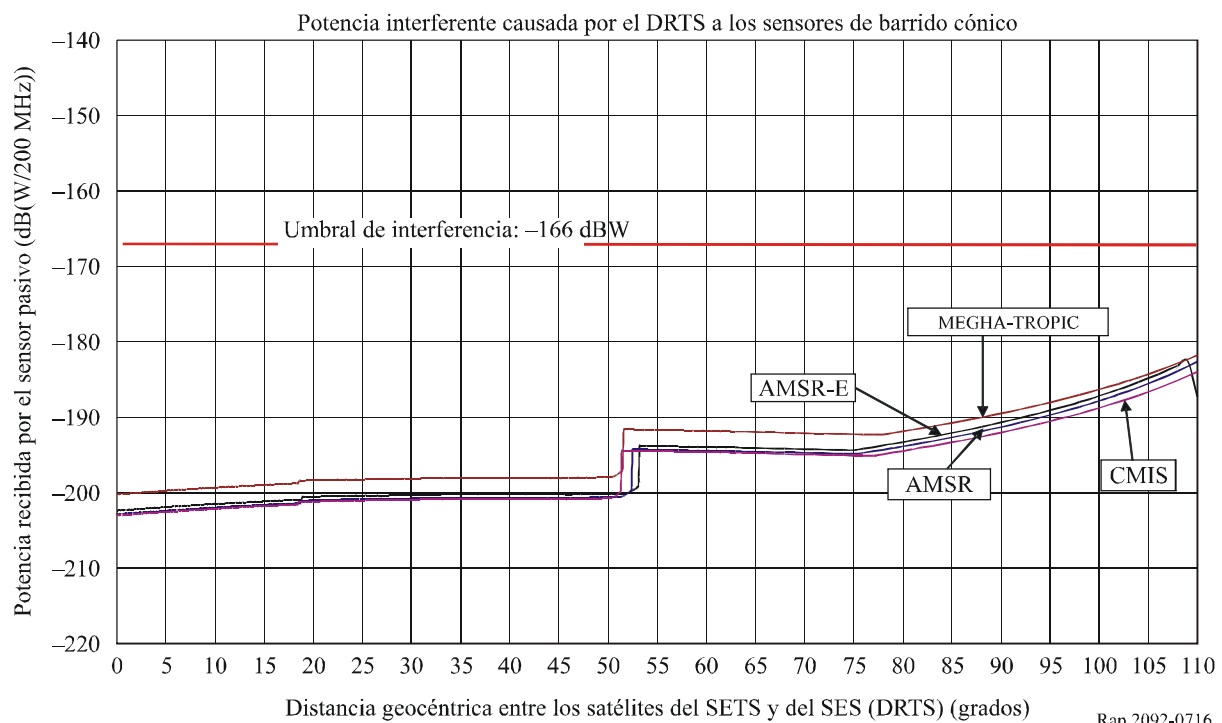
7.4.1.2 Análisis semiestático de la interferencia causada por el DRTS al sensor de barrido cónico (incluida la evaluación de la atenuación de las emisiones no deseadas)

El análisis semiestático se realiza para verificar si el sensor del SETS (pasivo) recibe un nivel de interferencia mayor que el umbral indicado en § 7.3. En la Fig. 7-16 se muestran los resultados para los sensores MEGHA, AMSR-E, AMSR y CMIS.

Como puede verse en la Figura, la potencia recibida por los sensores de barrido cónico procedente del enlace directo entre el DRTS y la EEI no rebasa el umbral a ninguna distancia geocéntrica entre el sensor del SETS y el satélite del DRTS.

FIGURA 7-16

Potencia recibida por los sensores de barrido cónico (análisis semiestático)



7.4.1.3 Análisis semiestático de la interferencia causada por el DRTS al sensor del nadir (incluida la evaluación de la atenuación de las emisiones no deseadas)

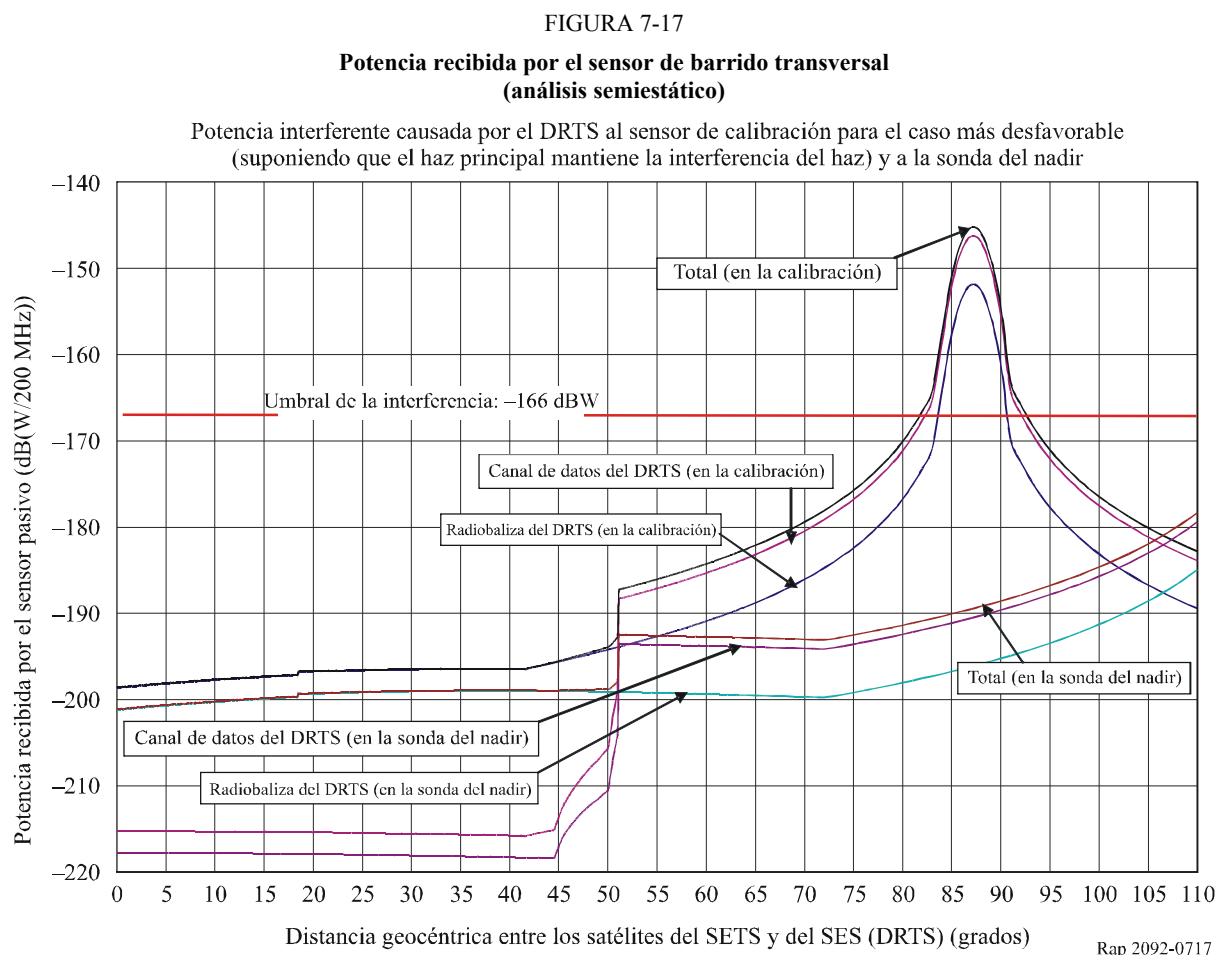
La antena del sensor no apunta al satélite del DRTS dado que el ángulo respecto a la dirección del campo de visión del sensor del nadir es $\pm 50^\circ$ como se indica en las Figs. 7-6 y 7-7.

La dirección del nadir de la antena de calibración del espacio frío es 83° según el Cuadro 7-3, por lo que las antenas de calibración son más vulnerables que las antenas del sensor.

Por otra parte, según los diagramas del haz del sensor del nadir de AMSU-A y del sensor de barrido transversal, este último recibe más interferencia del satélite del DRTS que el primero. Así pues, en el presente análisis se ha tomado el sensor de barrido transversal como representativo de la sonda del nadir.

Los resultados del análisis semiestático del nivel de potencia de interferencia se muestran en la Fig. 7-17.

El efecto de la interferencia causada por el sistema DARTS al sensor se ha evaluado teniendo presente los modos de barrido y de calibración del sensor. Si bien los criterios de interferencia no se rebasaron en ninguno de los dos modos, se determinó que el modo de calibración es más vulnerable y podría ser objeto de un análisis más detallado.



Un caso de interferencia se produce cuando la antena del DRTS hacia la EEI apunta en la dirección de la antena de calibración del nadir, es decir cuando la distancia geocéntrica entre el sensor y el satélite del DRTS está comprendida entre 85° y 90° aproximadamente. En este caso, se ha calculado que el nivel por encima del umbral de interferencia para el sensor de barrido transversal es 23,7 dB.

En el Cuadro 7-9 se indican los ángulos mínimos respecto del eje de la antena de calibración del SETS cuando las emisiones no deseadas del satélite del DRTS que recibe el sensor de barrido transversal rebasan el umbral de interferencia de -166 dB(W/200 MHz). Cuando el ángulo entre la dirección de la antena de calibración y la dirección del enlace del satélite del DRTS es mayor que $4,91^\circ$, el nivel de interferencia no rebasa el umbral adoptado como criterio.

CUADRO 7-9

Balance del enlace

Parámetros	Valores
p.i.r.e. total del DRTS en la anchura de 200 MHz más desfavorable de la banda 23,6-24 GHz (dBW)	31,40
Pérdidas en el espacio libre (dB)	212,40
Ángulo respecto al eje de la antena de calibración del SETS (grados)	4,91
Ganancia de la antena de calibración del SETS (dBi)	14,98
Potencia recibida por la antena de calibración del SETS	$-166,0$

Se ha realizado una simulación semidinámica con el fin de determinar la probabilidad cuando el ángulo entre la antena de calibración y el satélite del DRTS es mayor que $4,91^\circ$, con un incremento de 2 s durante 9 días (periodo orbital del SETS). El incremento de tiempo utilizado es suficiente para la simulación dado que corresponde al 0,000257% de 9 días, que es inferior al umbral de 0,01%.

Los resultados de esta simulación demuestran que en ningún momento el ángulo que forman la dirección de la antena de calibración y la dirección del enlace del satélite DRTS es inferior a $5,9^\circ$ y, por ende, siempre es mayor que $4,91^\circ$. Así pues, el enlace entre el DRTS y la EEI en la banda de 23 GHz cumple los criterios de interferencia del SETS (pasivo) en la banda 23,6-24 GHz.

7.4.2 Análisis dinámico

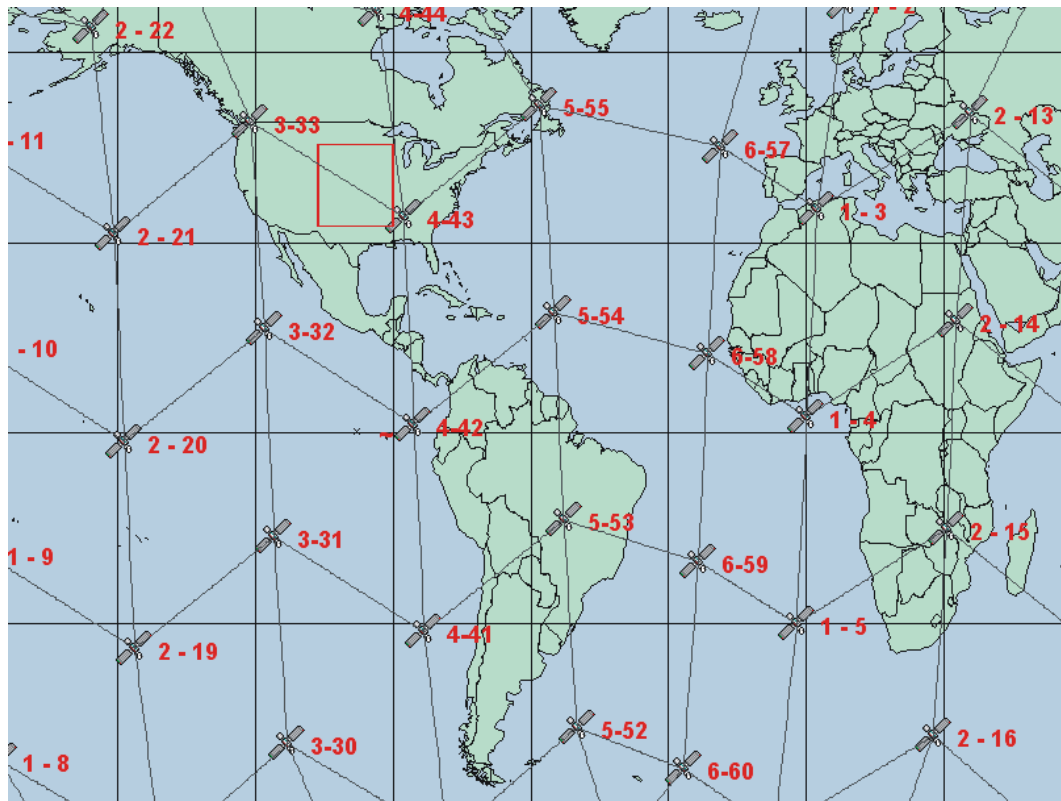
7.4.2.1 Modelo de simulación de HIBLEO-2 y resultados metodológicos utilizados para evaluar el nivel de interferencia

Se examinaron dos simulaciones dinámicas, una de la interferencia causada por el sistema HIBLEO-2 a los sensores pasivos AMSU-A, AMSR-E y CMI, y la otra de la interferencia causada al sensor pasivo de barrido transversal.

7.4.2.1.1 Simulación para los sensores pasivos AMSU-A, AMSR-E y CMIS

En la Fig. 7-18 se ilustra el modelo de configuración de Iridium utilizado en esta simulación. De conformidad con la reglamentación nacional aplicable al sistema HIBLEO-2, la integración de la máscara de emisiones no deseadas en los 200 MHz inferiores de la banda del SETS (pasivo) produce una potencia de transmisión de emisiones no deseadas de $-32,8$ dB(W/200 MHz) que corresponde a una p.i.r.e. de 3,8 dB(W/200 MHz). Los cálculos de interferencia se efectúan en cada intervalo de tiempo para cada uno de los cuatro enlaces entre satélites posibles desde el satélite HIBLEO-2. Las simulaciones de este modelo de configuración se realizaron para zonas de medición de 2 000 000 km² en América del Norte entre $32,524^\circ$ N y $45,476^\circ$ N y entre $89,966^\circ$ N y $106,034^\circ$ W como se muestra en la Fig. 7-18.

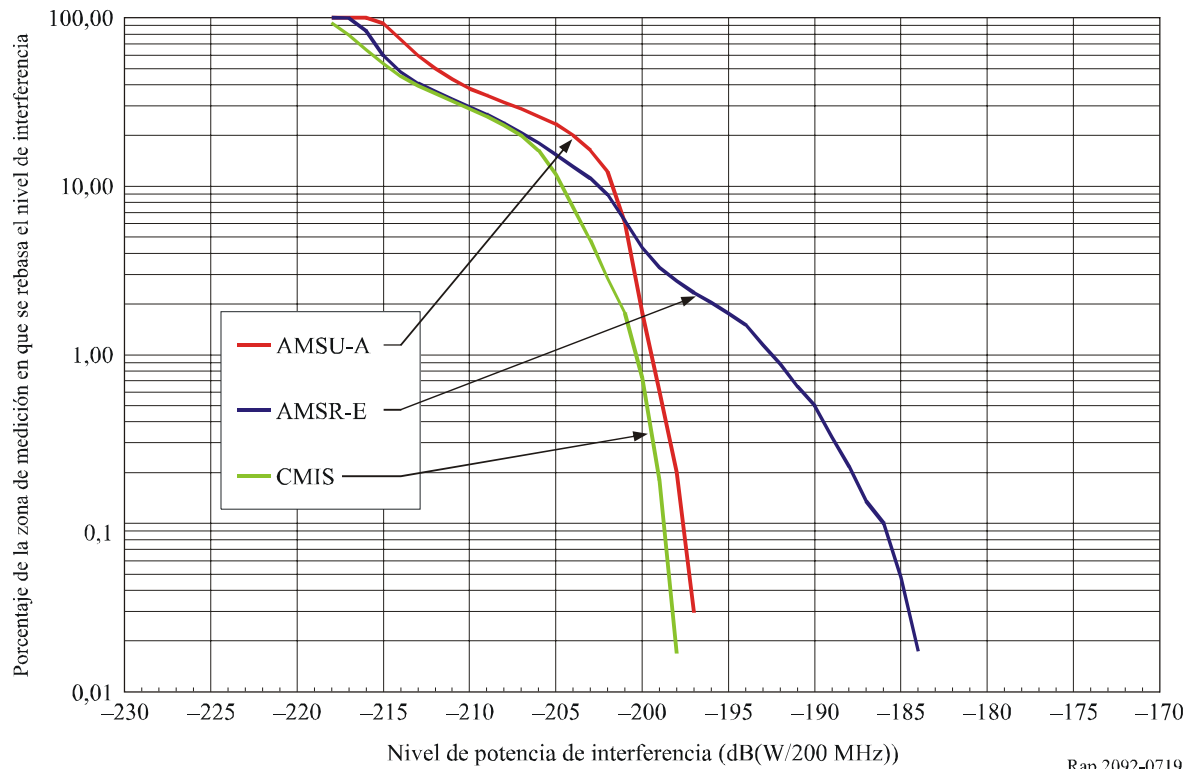
FIGURA 7-18

Modelo de configuración de HIBLEO-2

Rap 2092-0718

Para generar funciones de distribución acumulativa (FDA) se realizaron simulaciones durante 16 días a intervalos de 200 ms cuando el sensor pasivo podía tomar muestras dentro de la zona de medición. En la Fig. 7-19 se representa la FDA de interferencia causada por los enlaces entre satélites de Iridium al sensor pasivo en la banda 23,6-24,0 GHz. Obsérvese que los niveles de la interferencia causada por las emisiones no deseadas del sistema HIBLEO-2 al sensor pasivo no rebasan los criterios de interferencia admisible estipulados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

FIGURA 7-19

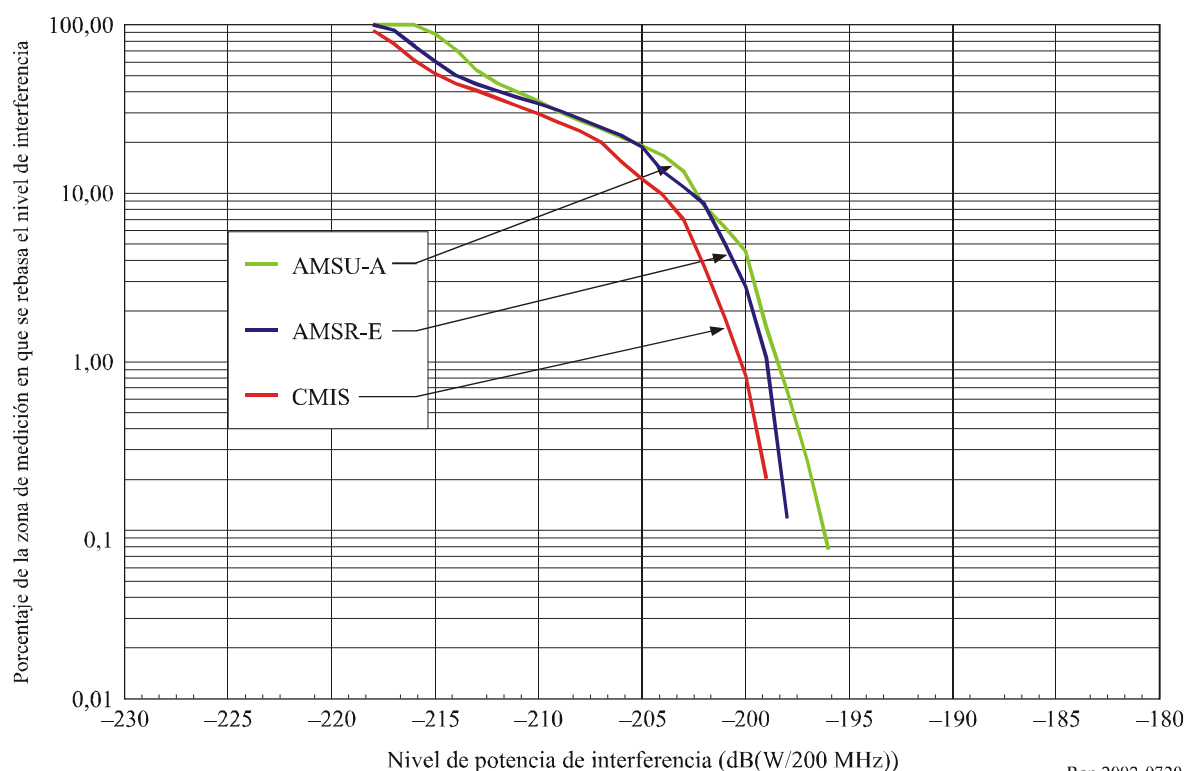
FDA de interferencia con HIBLEO-2

Rap 2092-0719

Se realizaron otras simulaciones para examinar el caso hipotético en el que la altitud de la órbita del HIBLEO-2 sea la misma que la del sensor pasivo. En la Fig. 7-20 se muestra este caso hipotético suponiendo que AMSU-A y HIBLEO-2, AMSR-E y HIBLEO-2, así como CMIS y HIBLEO-2 se encuentran a la misma altitud de la órbita. Obsérvese que los niveles de interferencia que recibe el sensor pasivo no rebasan los criterios de interferencia admisible estipulados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

FIGURA 7-20

FDA de interferencia con el HIBLEO-2 a la misma altitud que el sensor pasivo



Rap 2092-0720

7.4.2.1.2 Simulación dinámica del sensor pasivo de barrido transversal

En la Fig. 7-21 se muestra el resultado de la simulación dinámica para el caso de una constelación HIBLEO-2 con un solo canal activo en funcionamiento. Según las características de HIBLEO-2, la anchura de banda de un canal activo es 19 MHz. Se seleccionó un intervalo de tiempo de 0,5 s para obtener suficiente precisión.

Los parámetros de la órbita del SET utilizados en la simulación (altitud, inclinación y periodo) se indican en el Cuadro 7-3; en la simulación dinámica propuesta se utiliza el sensor de barrido transversal.

Los parámetros de la órbita de la constelación del SES se indican en los Cuadros 7-5 y 7-6.

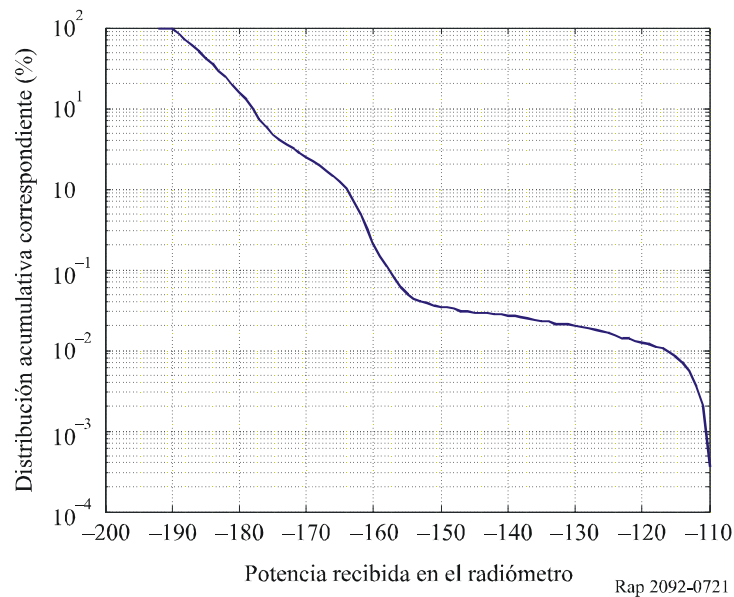
Todos los resultados se expresan utilizando una misma frecuencia y luego se aplica la atenuación estipulada en la Recomendación UIT-R SM.1541, ya que no se ha propuesto utilizar otro método. Ahora bien, debido a los cálculos realizados en el Apéndice al Anexo 1, cabe destacar que la máscara que figura en la Recomendación UIT-R SM.1541 para los sistemas del SMS y el SFS no son realistas por cuanto sobrevaloran considerablemente la potencia de las emisiones no deseadas.

La simulación dinámica de la constelación HIBLEO-2 se basa en el supuesto de que cada satélite trata de comunicar con los cuatro satélites más cercanos de la constelación.

Sin embargo, en esta simulación dinámica no se tiene en cuenta el efecto descrito en § 7.1.4.2 sobre la diferenciación que permite el diagrama de la antena de la ganancia de la antena compuesta de barrido transversal, ya que en esta simulación se considera la antena de barrido transversal en su forma compuesta.

FIGURA 7-21

Distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre el HIBLEO-2 y el sensor pasivo de barrido transversal



CUADRO 7-10

Análisis dinámico entre un enlace entre satélites del sistema HIBLEO-2 no OSG y un sensor del SETS de barrido transversal

Distribución acumulativa (%)	0,0021	0,01	0,10	1,30	2	160
Sensor de barrido transversal: potencia de interferencia correspondiente que recibe el sensor del SETS (dBW) en una anchura de banda de referencia de 200 MHz	-111	-117	-158	-164	-166	-178

Según el Cuadro 7-10, existe una alta probabilidad de que el satélite del SETS experimente interferencia cuando funcionan los enlaces entre satélites (el volumen de datos con errores debido a la interferencia es superior al umbral estipulado).

En el caso de una distribución acumulativa de 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de la zona en que se rebasa el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 7-10 es -117 dBW en una anchura de referencia de 200 MHz del sensor pasivo. Sin embargo, dado que el sistema activo transmite con una anchura de banda de sólo 19 MHz, el umbral se rebasa en un factor de $\Delta P = 166 - 117 = 49$ dB.

Estos resultados, en particular los 49 dB por encima del umbral que se rebasa durante 0,01%, se obtuvieron con el sistema HIBLEO-2 descrito en el Cuadro 7-4 en el supuesto de que un canal de transmisión genera una p.i.r.e. total de 39,6 dBW dentro de la banda pasiva.

Estos valores se han de comparar con el nivel de 57,6 dB por encima del umbral determinado mediante el análisis semiestático, cuando se considera un solo canal de transmisión de potencia 40,2 dBW.

Por consiguiente, el máximo valor aplicable a una constelación similar al Hib-Leo2 (provisional) que ha de adoptarse para un examen ulterior en el caso de la misma frecuencia, cuando se aplican el Apéndice técnico de la metodología en § 2.3, es:

p.i.r.e. (un canal) = $-9,4$ dBW ($39,6$ dBW -49 dB) cuando un enlace de la constelación del SES funciona plenamente en una anchura de banda de referencia de 200 MHz

En el presente análisis dinámico se parte del supuesto de que sólo funciona una constelación en la banda de frecuencias indicada en el Cuadro 7-5, es decir, no se ha tomado en consideración el caso en que funcionan varias constelaciones. Ahora bien, obsérvese que la combinación de varias constelaciones afecta a los resultados del análisis de la compatibilidad.

La compatibilidad puede lograrse si la potencia de emisiones no deseadas en la banda pasiva de un sólo satélite similar al sistema HIBLEO-2 no rebasa los $-9,4$ dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz.

7.4.2.1.2.1 Atenuación indicada en la Recomendación UIT-R SM.1541 y en el Apéndice 3 al Reglamento de Radiocomunicaciones

En el siguiente gráfico (véase la Fig. 7-22) se representa la atenuación indicada en la Recomendación UIT-R SM.1541 para una anchura de banda de 19 MHz. Se parte de la hipótesis de que sólo un canal está activo. Suponiendo un solo canal activo con potencia de emisión de 3 dBW en una anchura de banda necesaria de 19 MHz, la banda pasiva estará en su dominio de emisiones no esenciales.

Así pues, la atenuación requerida viene dada en el Apéndice 3 al RR y, en el caso especial de los servicios espaciales, es igual al valor menos restrictivo entre $43 + 10 \log (P)$ y 60 dBc en una anchura de referencia de 4 kHz.

El valor absoluto resultante de la potencia de emisiones no deseadas dentro de la banda pasiva es igual a $3 - (43 + 3) = -43$ dBW en una anchura de banda de referencia de 4 kHz. Este valor será de 4 dBW en una anchura de banda de 200 MHz.

Así pues faltan 50 dB ($4 - (-9,4 - 36,6)$) para proteger el SETS contra el HIBLEO-2.

No obstante, es sobradamente conocido que los límites reglamentarios vigentes de las emisiones no esenciales son demasiado importantes en algunos casos, lo cual es particularmente cierto en el presente estudio.

Se prevé que las emisiones no deseadas presentarán un régimen de caída mayor que los estipulados en la Recomendación UIT-R SM.1541 y el Apéndice 3 del RR.

Por consiguiente, se propone aplicar la fórmula (3) en § 7.1.1.2 descrita en el Apéndice técnico a la metodología en § 2.3 suponiendo que la máscara de emisiones no deseadas indicada en la Recomendación UIT-R SM.1541 está disponible en la banda pasiva. La máscara de emisiones no deseadas no está limitada al 250% de la anchura de banda necesaria y se extiende dentro de la banda pasiva.

Se desprende de esta hipótesis que la atenuación necesaria dentro de la banda pasiva ha de ser mayor que:

$$C = \Delta P + 10 \log \left(\frac{B_{ref}^2}{B_N} \right) = 59 \text{ dBsd},$$

siendo:

$$\begin{aligned} B_{ref} &= 200 \text{ MHz} \\ B_N &= 19 \text{ MHz}. \end{aligned}$$

Utilizando esta metodología, la atenuación calculada es igual a 49,7 dBsd si el canal activo de HIBLEO-2 del SES está cerca de la banda del SETS (pasivo) (siendo $f_0 = 23,367$ GHz) o 57,4 dBsd si dicho canal activo está alejado de la banda del SETS (pasivo) (siendo $f_0 = 23,192$ GHz). Obsérvese que en este cálculo no se aplica filtrado alguno después de la modulación, como suele hacerse habitualmente. Por consiguiente, se prevé que la emisión no deseada quede atenuada al menos en -59 dBsd dentro de la banda pasiva 23,6-24 GHz, lo cual es suficiente para garantizar la compatibilidad.

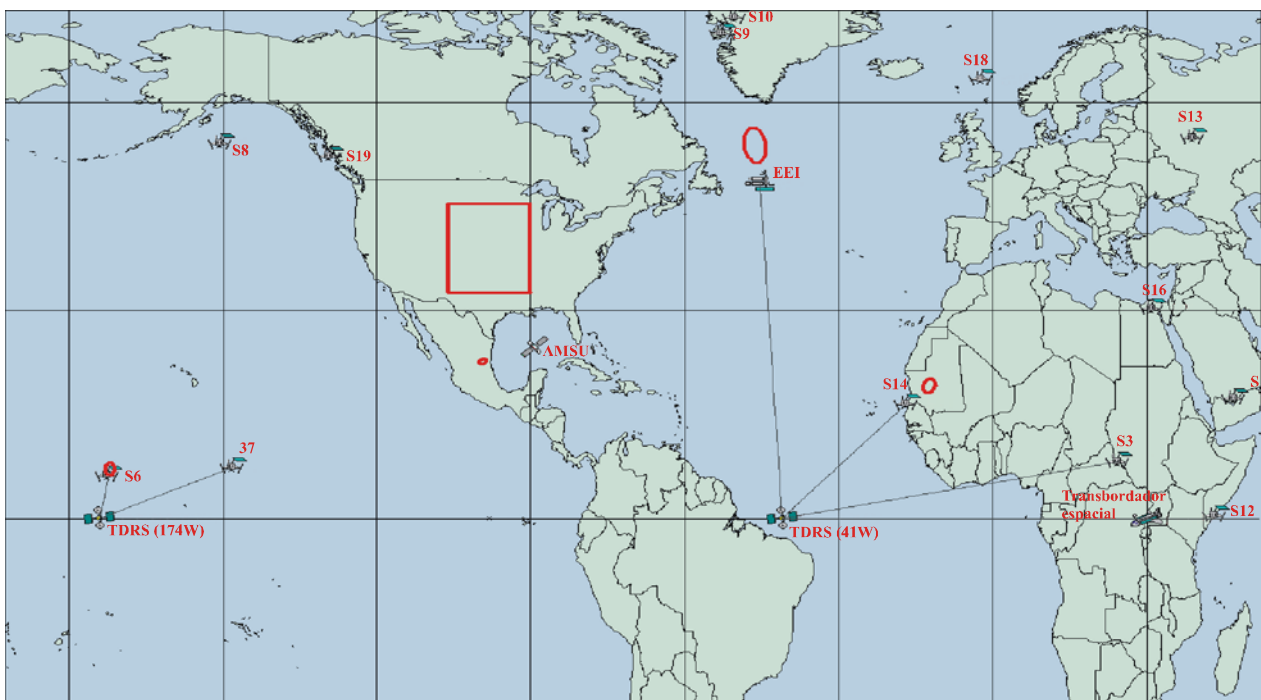
7.4.2.2 Modelo de la simulación del TDRSS y resultados

La Fig. 7-22 ilustra el modelo de configuración del TDRSS con los satélites TDRSS en 174° W (186° E) y 41° W (319° E). De conformidad con la reglamentación nacional aplicable al sistema TDRSS, la integración de la máscara de emisiones no deseadas sobre los 200 MHz inferiores de la banda del SETS (pasivo) produce una potencia de transmisión de emisiones no deseadas de $-20,3$ dB(W/200 MHz).

La simulación incluye otros satélites que podrían dar servicio a los enlaces directos del TDRSS. En esta simulación se ha tomado en consideración al transbordador espacial, la estación espacial internacional y una constelación de 20 satélites en órbitas distribuidas de manera aleatoria. Los cálculos de interferencia se han realizado en cada intervalo de tiempo para los cuatro enlaces entre satélites posibles que unen el satélite del TDRSS con el transbordador espacial, la estación espacial internacional y los dos satélites más cercanos de los 20 que integran la constelación mencionada. Para calcular la interferencia causada por los enlaces entre satélites del satélite TDRSS en cada intervalo de tiempo se combinan los niveles de interferencia de los dos enlaces con cada satélite del TDRSS que causan el mayor nivel de interferencia al sensor pasivo. Se ha realizado la simulación de este modelo del TDRSS para los sensores pasivos AMSU-A, AMSR-E y CMIS.

FIGURA 7-22

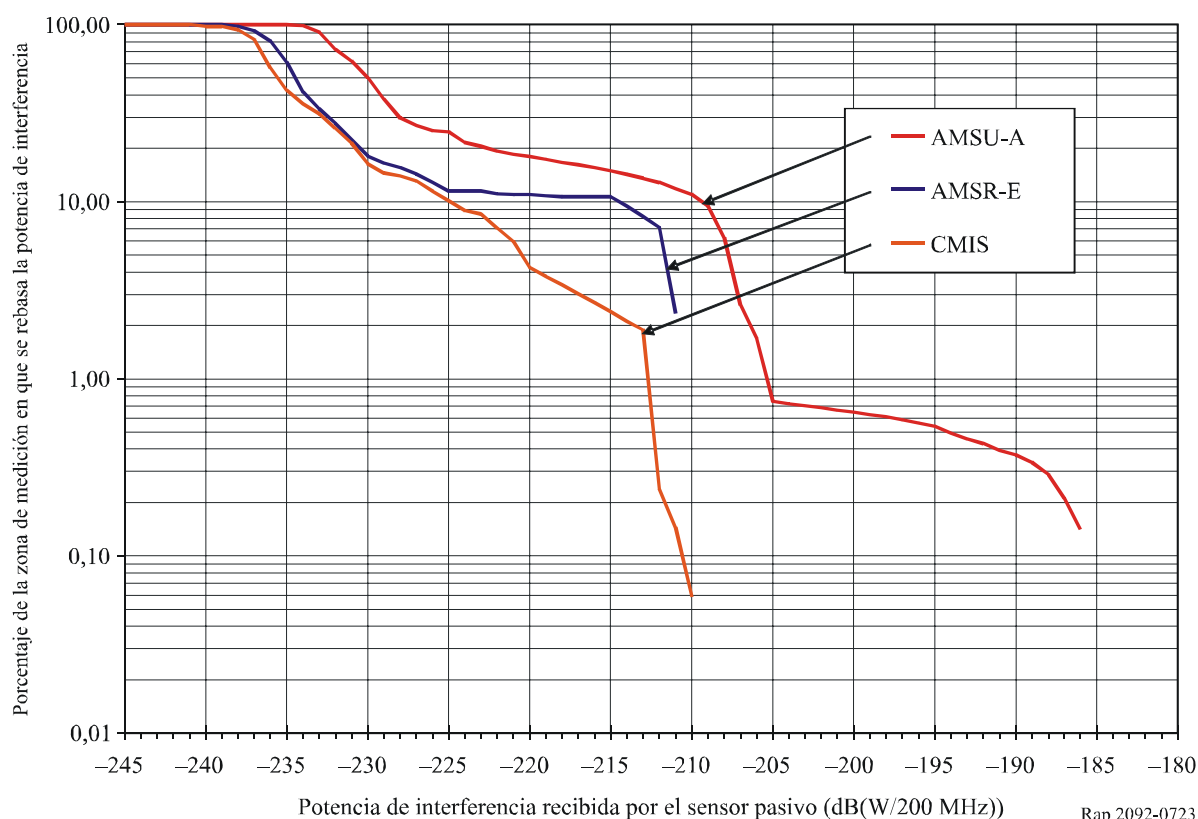
Modelo de configuración del TDRSS



Rap 2092-0722

Las simulaciones para este modelo de despliegue se han llevado a cabo en una zona de medición de 2 000 000 km² de América del Norte comprendida entre 32,524° N y 45,476° N y entre 89,966° W y 106,034° W como se observa en la Fig. 7-22. Como resultado de las simulaciones se han obtenido FDA para un periodo de simulación de 16 días a intervalos de 200 ms cuando el sensor pasivo podía tomar muestras dentro de la zona de medición. En la Fig. 7-23 se representa la FDA de la interferencia causada por los enlaces entre satélites del TDRSS a los sensores pasivos AMSU-A, AMSR-E y CMIS en una anchura de banda de 200 MHz. Obsérvese que los niveles de interferencia recibidos por los sensores pasivos y que proceden de emisiones no deseadas de TDRSS no rebasan los criterios de interferencia admisible estipulados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

FIGURA 7-23
FDA de interferencia



Rap 2092-0723

7.4.3 Resumen de los resultados del estudio

Se realizó un estudio basado en una serie de simulaciones dinámicas para los sistemas HIBLEO-2 no geoestacionarios y los sistemas DRTS y TDRSS geoestacionarios del SES y diversos tipos de sensores pasivos del SETS (pasivo). Estas simulaciones indican que los sensores actuales satisfacen los criterios de interferencia combinada admisible en el SETS (pasivo) estipulados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2. Por consiguiente, para lograr la compatibilidad no es necesario aplicar técnicas de reducción de la interferencia al servicio activo o pasivo.

Los resultados de otro estudio indicaron que si la potencia de emisiones no deseadas en la banda pasiva procedentes de un solo satélite similar a uno del sistema HIBLEO-2 no rebasa los -9,4 dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz, se podrá alcanzar la compatibilidad con el futuro sensor pasivo. En los estudios del HIBLEO-2, basados en algunas (no todas) las características del sistema, se partió del supuesto de que funciona el 100% del tiempo a plena capacidad. En la práctica, la capacidad del HIBLEO-2 varía sobremedida en función de la hora del día y en las diferentes partes del mundo. Esta p.i.r.e. no deseada en la banda pasiva puede reducirse

mediante la aplicación de una máscara de emisiones no deseadas y un filtrado después de la modulación.

7.5 Técnicas de reducción de la interferencia

7.5.1 SETS (pasivo)

Dado que los sensores pasivos actuales y futuros integran la señal recibida en el satélite, no es posible distinguir entre las emisiones naturales y las artificiales. En el caso de los sensores pasivos actuales no es necesario aplicar técnicas de reducción de la interferencia ya que no se rebasan los criterios de interferencia admisible especificados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2. No obstante, en el caso de los futuros sensores pasivos de barrido transversal existe el riesgo de obtener mediciones erróneas en varias zonas que pueden afectar a la fiabilidad de las previsiones meteorológicas en el mundo.

7.5.2 SES

Los sistemas del SES en funcionamiento son compatibles con los sensores pasivos actuales por lo que no se precisa aplicar técnicas de reducción de la interferencia adicionales. Ahora bien, en el caso de los futuros sensores pasivos, los resultados de los análisis indican que la atenuación global en los servicios activos necesaria para proteger la banda pasiva puede conseguirse fácilmente, por lo que tampoco se requieren técnicas de reducción de la interferencia específicas.

7.5.3 Posibles repercusiones

7.5.3.1 SETS (pasivo)

No se prevé que haya repercusiones negativas sobre el SETS (pasivo) dado que los actuales sistemas del SES cumplen los criterios de interferencia del SETS (pasivo).

7.5.3.2 SES

No se prevén efectos negativos sobre el SETS (pasivo), ya que no es necesario aplicar técnicas de reducción de la interferencia a los sistemas actuales del SES para cumplir los criterios de interferencia del SETS (pasivo).

7.6 Conclusiones

7.6.1 Resumen

Se han llevado a cabo análisis dinámicos para calcular los niveles previstos de interferencia causada por diversos tipos de sensores pasivos existentes y planificados en la banda 23,6-24 GHz band procedente de emisiones no deseadas de enlaces entre satélites de los sistemas HIBLEO-2 no geoestacionarios y los sistemas TDRSS y DRTS geoestacionarios, los cuales están en funcionamiento en la actualidad.

Según las simulaciones, los sistemas TDRSS y DRTS cumplen los criterios de interferencia admisible de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para todos los sensores pasivos.

Las simulaciones de los sistemas HIBLEO-2 indican que se cumplen los criterios de interferencia admisible especificados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para los sensores pasivos, tales como el AMSR-E de barrido cónico y el AMSU-A de barrido del nadir. Ahora bien, en el caso de los futuros sensores pasivos, tales como el sensor de barrido transversal, el estudio ha demostrado que para cumplir los criterios de interferencia estipulados la mencionada Recomendación el nivel de p.i.r.e. de emisiones no deseadas de un sistema de tipo HIBLEO-2 en la banda 23,6-24 GHz ha de ser de -9,4 dB(W/200 MHz), nivel de atenuación que pueden lograrse fácilmente en el SES.

7.6.2 Conclusiones

En ciertas simulaciones dinámicas se ha llegado a la conclusión de que los sistemas del SES estudiados cumplen los criterios de interferencia admisible combinada del SETS (pasivo) estipulados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2, por lo que no es necesario aplicar técnicas de reducción de la interferencia ni adoptar medidas reglamentarias.

En otros estudios se ha llegado a la conclusión de que, habida cuenta de los resultados de las distintas simulaciones y su correspondiente evaluación de la atenuación, para lograr la compatibilidad se requiere un nivel de p.i.r.e. de emisiones no deseadas de $-9,4$ dB(W/200 MHz) para los enlaces del SES con una ganancia de la antena inferior a 55 dBi y que transmiten datos (con modulación de portadora) en la banda 23,6-24 GHz. Obsérvese que este nivel de p.i.r.e. puede lograrse fácilmente en el SES, por lo que no es necesario aplicar otras restricciones a los sistemas del SES.

8 Análisis de la compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz y el SFS (Tierra-espacio) y el SMS (Tierra-espacio) en la banda 30-31 GHz

8.1 SETS (pasivo)

8.1.1 Banda atribuida

La banda 31,3-31,5 GHz está atribuida al SETS (pasivo), al SRA y al SIE (pasivo). Obsérvese que la banda 31,3-31,5 GHz está contemplada en el número 5.340 del RR. En el Cuadro 8-1 se indican las atribuciones en las bandas adyacentes a la banda pasiva 31,3-31,8 GHz.

CUADRO 8-1

Atribuciones en bandas adyacentes

Servicios espaciales con atribuciones en la banda inferior	Servicios con atribuciones en la banda inferior	Banda pasiva	Servicios con atribuciones en la banda superior
30-31 GHz	31-31,3 GHz	31,3-31,5 GHz	31,5-31,8 GHz
FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	FIJO	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo)	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo)
MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio)	MÓVIL	RADIOASTRONOMÍA	RADIO RADIOASTRONOMÍA
Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)	Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)
	Investigación espacial 5.544 5.545		Fijo (Regiones 1 y 3)
			Móvil salvo móvil aeronáutico (Regiones 1 y 3)
			5.149 5.546 (Región 1)
			5.340 (Región 2)
5.542	5.149	5.340	5.149 (Región 3)

8.1.2 Aplicación

Las mediciones pasivas alrededor de las frecuencias 23,8 GHz (contenido total de vapor de agua), 31,5 GHz (canal de ventana) y 90 GHz (agua en estado líquido) proporcionan datos complementarios que cumplen una función predominante en el proceso de obtención de mediciones de la temperatura efectuadas en el espectro de absorción de O₂. Estas mediciones complementarias deben tener características radiométricas y geométricas y criterios de disponibilidad compatibles con las mediciones de la temperatura.

8.1.3 Criterios de protección necesarios

En la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se especifican los criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite. La potencia de interferencia admisible recibida por el sensor del SETS procedente de todas las fuentes interferentes es de -160 dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz para los actuales sensores pasivos, y de -166 dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz para los futuros sensores pasivos, con una disponibilidad de datos del 99,99% de conformidad con la Recomendación UIT-R RS.1028-2. La correspondiente zona de medición es un cuadrado sobre la superficie de la Tierra de 2 000 000 km², salvo cuando se justifique otro valor.

8.1.4 Características de funcionamiento

Los sensores actuales y futuros en la banda 31,3-31,5 GHz considerados en estos estudios son los que efectúan el barrido del nadir. Este barrido es mecánico en el caso de los actuales sensores pasivos y electrónico en el caso de los futuros sensores pasivos de barrido transversal. En el Cuadro 8-2 se indican las principales características de estos sensores.

CUADRO 8-2

Características de los sensores del nadir

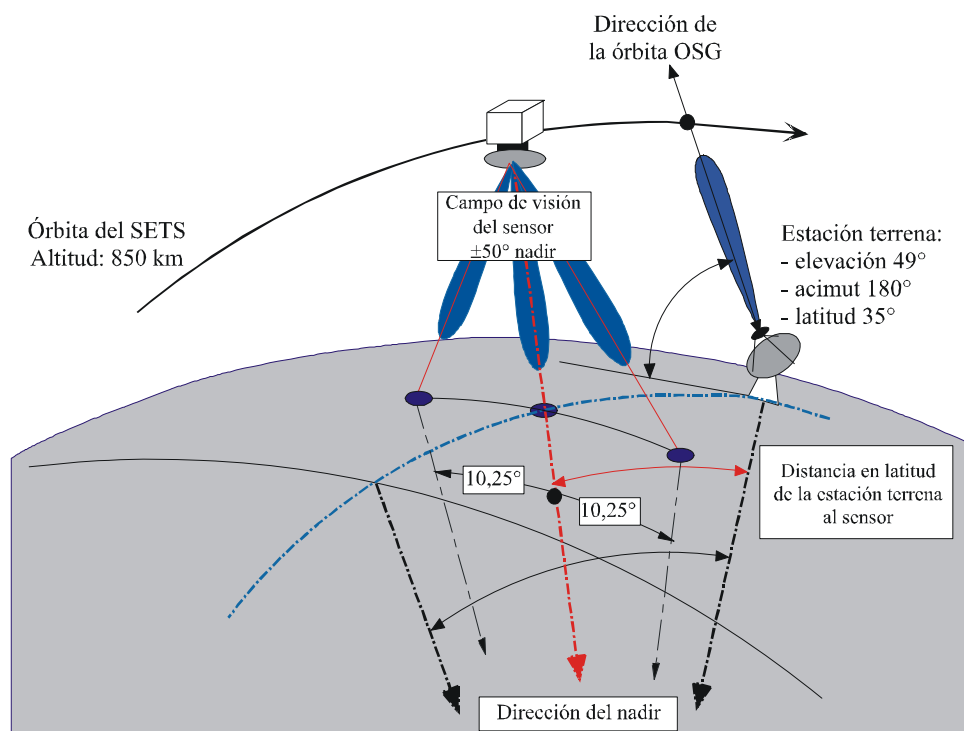
Parámetros	AMSU-A (barrido mecánico)	De barrido transversal (barrido electrónico)
Ganancia de la antena principal (dBi)	36	45
Anchura de haz a potencia mitad a -3 dB (grados)	3,3	1,1
Número de haces	1	101
Ángulo de puntería del haz respecto al nadir (grados)	$\pm 48,335$ a intervalos de 31	± 50
Tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria del satélite (km)	45	16
Umbral de densidad de interferencia (dB(W/100 MHz))	-160	-166
Altitud del sensor (km)	850	850
Inclinación orbital (grados)	99	98
Ganancia de la antena de calibración del espacio frío (dBi)	36	35
Ángulo de calibración del espacio frío (grados) respecto a la huella del satélite	90	90
Ángulo de calibración del espacio frío (grados) respecto a la dirección del nadir	83	83
Diámetro del reflector (m)	0,28	0.9
Zona barrida útil (km)	1 870	2 030

El sensor de barrido mecánico (AMSU-A) funciona desde hace varios años y es el sistema que se utiliza en la actualidad. La antena del sensor AMSU completa cada 8 s una rotación alrededor de su eje, que está alineado con el vector velocidad del satélite. El haz principal de la antena del sensor apunta a un ángulo recto respecto al eje de rotación, de manera que el haz pasa a través del punto subsatelital durante cada ciclo de barrido. Durante este ciclo, el haz describe una trayectoria de 30 ángulos de puntería equiespaciados entre $\pm 48,33^\circ$ respecto al nadir en intervalos de 200 ms para efectuar las mediciones. La calibración templada y fría se realiza en los 2 s restantes del ciclo de barrido de 8 s.

Se ha propuesto un sensor «de barrido transversal» cuyos haces son fijos en una zona de barrido útil similar al AMSU-A. El sensor pasivo del nadir empleado en el presente análisis es la sonda vertical «de barrido transversal», ya que es el más sensible a interferencia. El sensor «de barrido transversal» es un instrumento totalmente estático, sin partes móviles. La característica principal de este sensor es que todos los píxeles en una misma línea de barrido se adquieren simultáneamente a diferencia de los sensores de barrido mecánico (es decir, del tipo AMSU) que funcionan de manera secuencial, lo que permite aumentar considerablemente el tiempo de integración y la resolución radiométrica. El sensor de barrido transversal incorpora una antena fija de adquisición de datos que apunta en la dirección del nadir y otra dedicada especialmente a la calibración del espacio frío.

La configuración orbital de este tipo de sensor se ilustra en la Fig. 8-1.

FIGURA 8-1
Ilustración del sensor de barrido del nadir y de la geometría de la interferencia de la estación terrena



Rap 2092-081

En la Fig. 8-2 se representa el diagrama de ganancia de la antena del sensor AMSU-A. El sistema de antena de barrido transversal consta de 90 haces y el diagrama compuesto en forma de abanico abarca ángulos transversales de 100° centrado en el punto subsatelital. Cada haz tiene una ganancia isotropa de 45 dBi y una anchura de haz a potencia mitad de $1,1^\circ$ aproximadamente. Se supone que el diagrama de la antena de cada haz es conforme a la Recomendación UIT-R F.1245-1. En la Fig. 8-2 se ilustra el diagrama de ganancia de antena para cada haz así como el diagrama compuesto utilizado para simplificar los cálculos en el modelo de simulación N° 1. Este diagrama compuesto

constituye la envolvente de las ganancias de cresta de todos los haces a lo largo del eje transversal del sensor y cada uno de los diagramas de los haces a lo largo del eje en la dirección de vuelo del satélite. La Fig. 8-3 ilustra la estructura detallada de los diagramas de antena de los primeros 11 haces contiguos a lo largo de un lado del eje de exploración transversal del sensor.

FIGURA 8-2

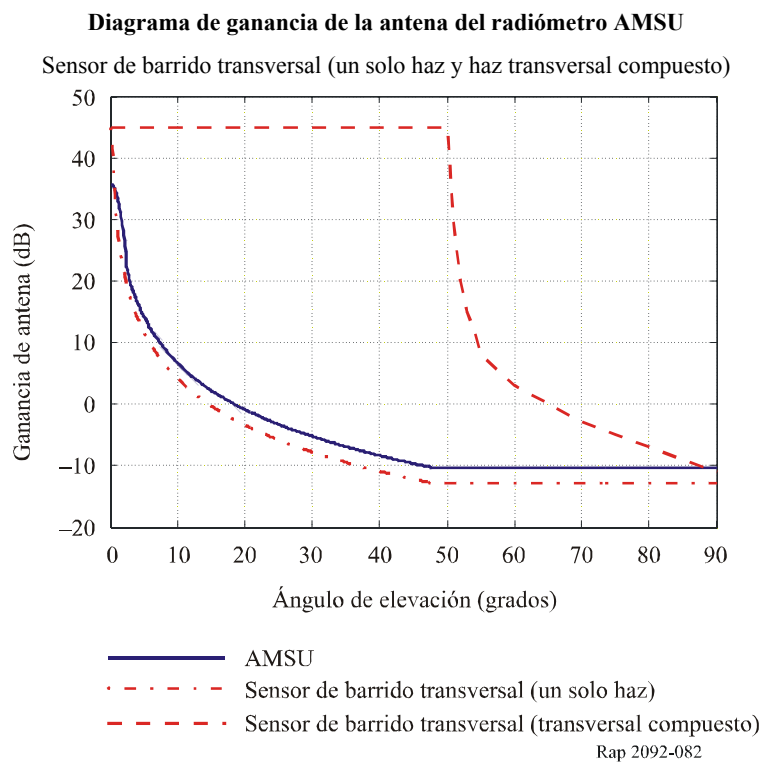
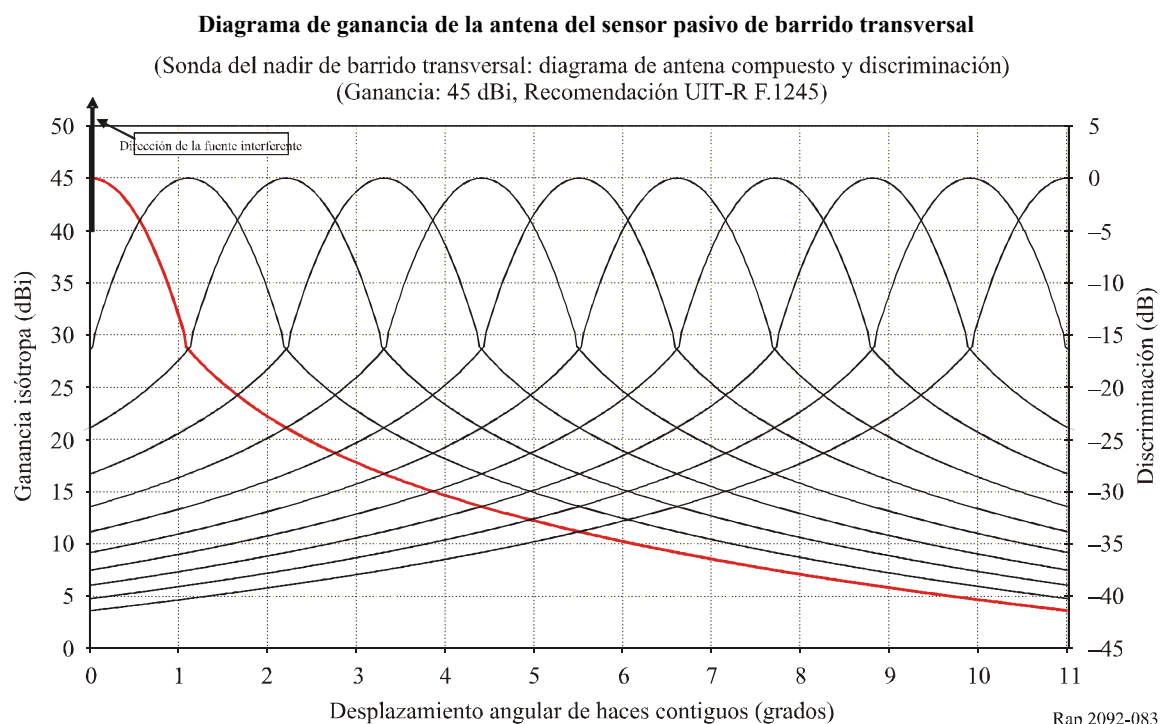


FIGURA 8-3



8.2 SFS SMS

8.2.1 Banda de transmisión atribuida

Véase el Cuadro 8-1.

8.2.2 Aplicación

Los servicios activos considerados en este punto son el enlace ascendente del SFS y los enlaces de conexión del SMS en la banda 30-31 GHz.

8.2.3 Representación de los espectros de emisiones no deseadas

8.2.3.1 Filtros de modulación

En el punto 2, concretamente en el Apéndice técnico del § 2.3, se facilita información acerca de la utilidad de las distintas representaciones de los espectros de emisiones no deseadas.

8.2.3.2 Filtros después de la modulación

8.2.3.2.1 Características del filtro del sistema ATHENA

A las señales en la banda base del sistema ATHENA se le aplica un filtro que consiste en la raíz cuadrada del coseno alzado (de conformidad con la norma de radiodifusión digital de vídeo por satélite denominada DVB-S). El factor de caída será $\alpha = 0,35$. Sea f_N la frecuencia de Nyquist:

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & |f| < f_N(1-\alpha) \\ \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin\left(\frac{\pi}{2f_N} \left(\frac{f_N - |f|}{\alpha} \right) \right) \right]^{\frac{1}{2}} & f_N(1-\alpha) \leq |f| \leq f_N(1+\alpha) \\ 0 & |f| > f_N(1+\alpha) \end{cases}$$

El espectro de la señal a la salida del modulador se verá atenuado en -40 dB para $f/f_N > 2$.

En lo que respecta al sistema ATHENA, cabe observar que este sistema se encuentra en fase de diseño. No obstante, se prevé aplicar un filtro en cada estación terrena. Aunque por el momento se desconocen las especificaciones reales, se espera una mínima atenuación de unos 30 dB en la banda pasiva.

8.2.3.2.2 Otras representaciones

En el punto 2, concretamente en el Apéndice técnico del § 2.3 figuran las ecuaciones adecuadas correspondientes a los filtros de atenuación después de la modulación.

8.2.4 Características del transmisor

Las características del transmisor para los diversos sistemas examinados en estos estudios se han extraído de la Recomendación UIT-R S.1328-3 – «Características de los sistemas de satélite que se han de tener en cuenta en los análisis de compartición de frecuencias entre sistemas de satélites geoestacionarios y no geoestacionarios (OSG) del servicio fijo por satélite (SFS) incluidos los enlaces de conexión para el servicio móvil por satélite (SMS)». Los parámetros de otros sistemas se han obtenido de las solicitudes de coordinación de satélites y notificaciones presentadas al UIT-R.

NOTA 1 – La gama de frecuencias de la mayor parte de los sistemas que figuran en la Recomendación UIT-R S.1328-3 y tiene enlaces ascendentes del SFS en la gama de 30 GHz terminan en 30 GHz. No obstante, se supone que los satélites del SFS con enlaces ascendentes en la gama 30-31 GHz tienen características similares a los que funcionan por debajo de 30 GHz.

8.2.4.1 Redes de satélites geoestacionarios

En el Cuadro 8-3 se presentan los parámetros de dos tipos de estaciones terrenas con enlaces ascendentes utilizados en las simulaciones dinámicas N° 1 y 2 de estos estudios.

CUADRO 8-3

Parámetros de las estaciones terrenas del enlace ascendente del sistema OSG

Sistema de satélites del SFS	USCSID	KOREASAT-123,7 KA	STRATSAT-1	ATHENA
Anchura de banda ocupada (MHz)	1,000	200	50	56
Tipo de modulación	MDP-4			
Máxima ganancia de la antena de la estación terrena (dBi)	70	55	56	63
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	102	99	92	90
Potencia de transmisión de la estación terrena (dBW)	32	44	36	27
Diagrama de antena de la estación terrena	Recomendación UIT-R S.1428-1	Recomendación UIT-R S.465	A-25 LOG(f)	Recomendación UIT-R S.465
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,06	0,3	0,25	0,1
Tipo de órbita del sistema	OSG	OSG	OSG	OSG
Estrategia de seguimiento	Ninguna (siempre apunta al satélite OSG designado)	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Número de satélites	6	1 (123°7' Este)	1 (29° Este)	1
Número de estaciones terrenas	6	1	1	2

En la simulación dinámica N° 3 de este estudio se utilizan los parámetros típicos basados en la gama de parámetros de las estación terrena y del satélite especificados en las notificaciones de coordinación de satélites geoestacionarios. La anchura de banda del transpondedor varía entre 100 y 500 MHz y la temperatura de ruido del sistema receptor del satélite entre 600 y 800 K. El diámetro de antena de las estaciones terrenas del enlace ascendente en estas redes de satélites varía entre 0,45 y 9 m, la anchura de banda de las emisiones entre 103 kHz y 125 MHz y la relación C/N del enlace ascendente entre 5 y 18,4 dB, según las notificaciones de estos satélites. Los niveles de potencia máximos y mínimos de cada emisión también varían en una amplia gama, llegando a rebasar los 30 dB en algunos casos. Se seleccionó entre esta gama de parámetros una combinación que correspondiera a estaciones terrenas de capacidad «pequeña», «media» y «elevada», y se calcularon niveles de potencia de transmisión en condiciones de cielo despejado a fin de obtener una relación C/N determinada para una estación terrena situada en el centro de la zona de medición que transmita al satélite más alejado, suponiendo una temperatura de ruido en el sistema receptor del satélite de 600 K. En el Cuadro 8-4 se indican los valores de los parámetros y los niveles medios calculados de la potencia de transmisión de portadora para estos tres tipos de estaciones terrenas.

Los niveles de potencia de transmisión calculados para el enlace ascendente se corrigen por un factor para estimar el valor de la potencia de las emisiones no deseadas en la banda del sensor pasivo 31,3-31,5 GHz cuando la frecuencia de la portadora del enlace ascendente del SFS se encuentra en el extremo de la banda del SFS más cercana a la banda del sensor pasivo. Este factor se define como la proporción de la potencia de emisión no deseada que queda comprendida en la anchura de banda del receptor víctima (es decir, el sensor pasivo), y se obtiene por integración numérica de la representación del espectro de emisiones no deseadas. La representación del espectro adoptada incluye una forma espectral de $(\sin(x)/x)^2$ característica de una emisión MDP-4 con una velocidad de símbolos igual a la anchura de banda especificada, de tal modo que sea lo más parecido posible al filtrado previo a la modulación utilizada en los sistemas del enlace ascendente del SFS. En algunos casos, al calcular la potencia de las emisiones no deseadas en la anchura de banda del sensor pasivo también se partió del supuesto de que la atenuación debida al filtrado después de la modulación tiene las siguientes características:

$$A(f) = 40 \log_{10} |(f - f_c)/(f_c - 31)| + 8$$

Se realizaron las simulaciones para las potencias de emisiones no deseadas basadas en el caso de sólo una forma de espectro $(\sin(x)/x)^2$ de las emisiones MDP-4 sin filtrado después de la modulación y en el caso de incluir además una atenuación de 40 dB por década debido al filtrado posterior a la modulación.

CUADRO 8-4

Parámetros de la estación terrena del enlace ascendente del SFS

Estación terrena característica	0,75 M	2,4 M	6,1 M	m
C/N deseada	12	16	18	dB
Ganancia de antena de la estación terrena	45,2	54,7	63,4	dBi
Atenuación en el espacio libre	213,8	213,8	213,8	dB
Pérdidas atmosféricas	0,3	0,3	0,3	dB
Ganancia de antena del satélite (contorno de -1 dB)	49	49	49	dBi
Temperatura del sistema de recepción del satélite	600	600	600	K
Anchura de banda de las emisiones en el enlace ascendente	27	64	200	MHz
Potencia requerida en el enlace ascendente	5,4	3,7	1,9	dBW
Anchura de banda del transpondedor	250	250	250	MHz
Frecuencia central del transpondedor	30 875	30 875	30 875	MHz
Frecuencia de la portadora en el enlace ascendente	30 980	30 950	30 875	MHz
	-57,5			
Potencia de las emisiones no deseadas con $A(f)$ (en la banda 31,3-31,5 GHz)	-62,9	-56,2	-53,5	dB(W/200 MHz)
Factor de emisiones no deseadas con $A(f)$	-12,3	-59,8	-55,4	dB
p.i.r.e. de las emisiones no deseadas con $A(f)$ (en la banda 31,3-31,5 GHz)	-25,5	-1,5	-9,9	dB(W/200 MHz)
Potencia de las emisiones no deseadas sin $A(f)$ (en la banda 31,3-31,5 GHz)	-57,5	-24,2	-22,0	dB(W/200 MHz)
Factor de emisiones no deseadas sin $A(f)$	-30,9	-27,9	-23,9	dB
p.i.r.e. de las emisiones no deseadas sin $A(f)$ (en la banda 31,3-31,5 GHz)	19,7	30,5	41,4	dB(W/200 MHz)

8.2.4.1.1 El sistema DRTS

En los Cuadros 8-5 y 8-6 se indican las características del transmisor del sistema DRTS y sus estaciones del enlace de conexión. Las señales del enlace de conexión del DRTS en la banda 30-31 GHz que se transmiten desde la estación Tsukuba cuando funciona el JEM son un total de tres, a saber los datos directos KSA, la señal de radiobaliza y la señal piloto como se muestra en la Fig. 8-4. La señal piloto se transmite siempre y las otras señales se transmiten un total de 8 h/día mientras el JEM se encuentra dentro de la zona de visibilidad desde el satélite del DRTS. En el Cuadro 8-6 figura información acerca del enlace de conexión del sistema DRTS en la banda de frecuencias considerada.

CUADRO 8-5

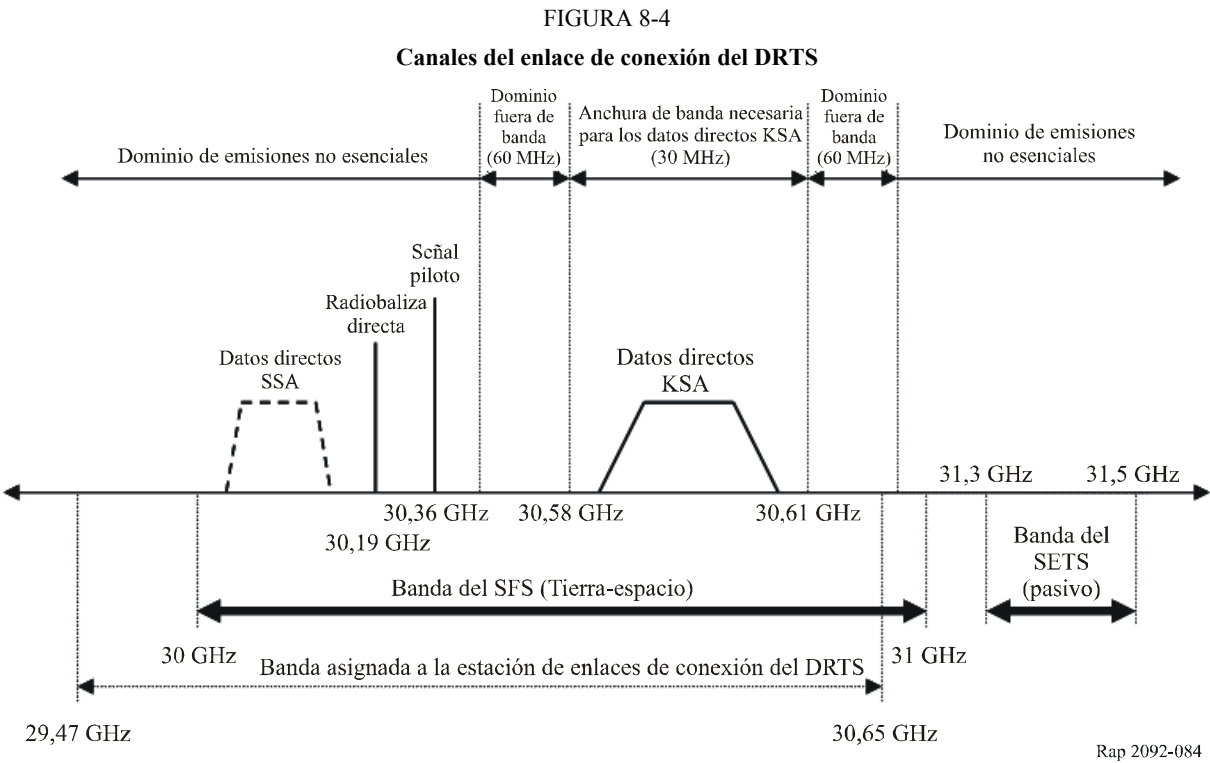
Características del sistema DRTS

Parámetros	Valor
Servicio	SFS
Órbita	Longitud de 90,75° Este, OSG
Altitud (km)	35 786
Inclinación (grados)	0
Polarización	Circular levógira/circular dextrógira
Estación terrena	Estación Tsukuba (primaria) (140,13° E / 36,07° N)

CUADRO 8-6

Características de las señales del enlace de conexión del DRTS en la banda 30 GHz

Señal (caso de funcionamiento)	Anchura de banda necesaria (MHz)	Potencia de transmisión de la estación terrena (dBW)	Ganancia de antena de la estación terrena (dBi)	Diagrama de la antena
Datos directos KSA (8 h/day)	30	17,1	62,4 (incluidas las pérdidas en la línea de alimentación de 5,8 dB)	Recomendación UIT-R S.580
Señal piloto (24 h/día)	0,004 (Anchura de banda de referencia según el Apéndice 3)	18,0	62,4 (incluidas las pérdidas en la línea de alimentación de 5,8 dB)	Recomendación UIT-R S.580
Señal de radiobaliza (8 h/día)	0,004 (Anchura de banda de referencia según el Apéndice 3)	14,5	62,4 (incluidas las pérdidas en la línea de alimentación de 5,8 dB)	Recomendación UIT-R S.580



En el siguiente Cuadro 8-7 figuran los niveles de atenuación de emisiones no esenciales de las señales del enlace de conexión.

CUADRO 8-7
Atenuación de las señales no deseadas

	Datos directos KSA	Piloto	Radiobaliza
Nivel de atenuación (dBc)	60 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾	60 ⁽¹⁾

- ⁽¹⁾ El límite estipulado en el Apéndice 3 del RR.
- ⁽²⁾ Datos medidos de la estación terrena del DRTS, que es una atenuación más restrictiva que los valores estipulados en el Apéndice 3 del RR.

8.2.4.2 Redes no geoestacionarias

En los Cuadros 8-8 y 8-9 se indican las características del sistema USCSID-P no geoestacionario utilizado en las simulaciones dinámicas N° 1 y 2 de este estudio y sus correspondientes estaciones terrenas del enlace ascendente.

CUADRO 8-8

Parámetros orbitales del sistema de satélites USCSID-P no geoestacionario

Número de satélites/planos	1	2	3	4	5	6	7	8
Altura del apogeo (km)	39 336,3							
Altura del perigeo (km)	1 063,75							
Semieje mayor (km)	26 578,17							
Excentricidad	0,72							
Inclinación	63							
Anomalía media inicial	0	135	90	225	180	315	270	45
Anomalía verdadera inicial	0	169,122	155,854	169,122	180	133,323	155,854	133,323
Ascensión recta del nodo ascendente	45	90	135	180	225	270	315	360
Argumento del perigeo	270	270	270	270	270	270	270	270

CUADRO 8-9

Parámetros de la estación terrena del enlace ascendente del sistema USCSID-P no geoestacionario

Anchura de banda ocupada (MHz)	1,000
Tipo de modulación	MDP-4
Máxima ganancia de antena de la estación terrena (dBi)	70
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	102
Potencia del transmisor de la estación terrena (dBW)	32
Diagrama antena de la estación terrena	Recomendación UIT-R S.1428-1
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,06
Tipo de órbita del sistema	No OSG (HIO, HEO)
Estrategia de seguimiento del satélite	Satélite no OSG más alejado de OSG y con elevación $\geq 10^\circ$

8.3 Umbral de interferencia

La interferencia puede recibirse simultáneamente de diversas fuentes de varios servicios. El valor indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (para una banda determinada) es el máximo nivel de interferencia admisible que recibe el sensor pasivo de todas las fuentes de interferencia.

En el presente Capítulo se realiza un análisis de la interferencia generada por un solo servicio activo y los criterios especificados en § 8.1.3 para el umbral de interferencia.

8.4 Evaluación de la interferencia

Se llevaron a cabo simulaciones dinámicas para determinar la función de distribución acumulativa de los niveles de potencia de señales no deseadas recibidas por el sensor pasivo en una zona de medición de 2 000 000 km² suponiendo que funcionan en las mismas frecuencias. En este estudio se efectuaron tres simulaciones que abarcan diversos modelos de configuración de estaciones terrenas.

8.4.1 Estudio de simulación dinámica N° 1

Esta simulación dinámica se realizó para el sensor de barrido transversal de los sistemas del SFS. El incremento de tiempo en la simulación es de 500 ms. Las simulaciones se interrumpieron cuando se estabilizó la función de distribución acumulativa.

Se introdujo un factor de corrección de anchura de banda para tener en cuenta la diferencia entre la anchura de banda necesaria de los sistemas activos y la anchura de banda de referencia de los sistemas pasivos.

8.4.1.1 Consecuencias de la discriminación entre haces de antena contiguos

A continuación se analizan las consecuencias de la discriminación entre haces de antena contiguos, como se indica en el § 8.1.4. La simulación corresponde al sensor de barrido transversal, que tiene cerca de 100 haces de antena permanentemente activos.

Se determinaron para el muestreo de haces de la antena de barrido transversal (desplazamiento entre 0° y ±50° en dirección del nadir) unas probabilidades de interferencia producida por estaciones terrenas de 70 dBi + 30 dBW y 55 dBi + 45 dBW. Todos los haces reciben una interferencia masiva, como se muestra en los histogramas de las Figs. 8-6 y 8-7. En la Fig. 8-6 se ve que el umbral de interferencia se supera en unos 50 dB (antena de estación terrena de 70 dBi) y unos 65 dB (antena de estación terrena de 55 dBi) en cada uno de los haces analizados y que se consideran perdidas todas las mediciones efectuadas alrededor de la estación terrena durante el periodo considerado.

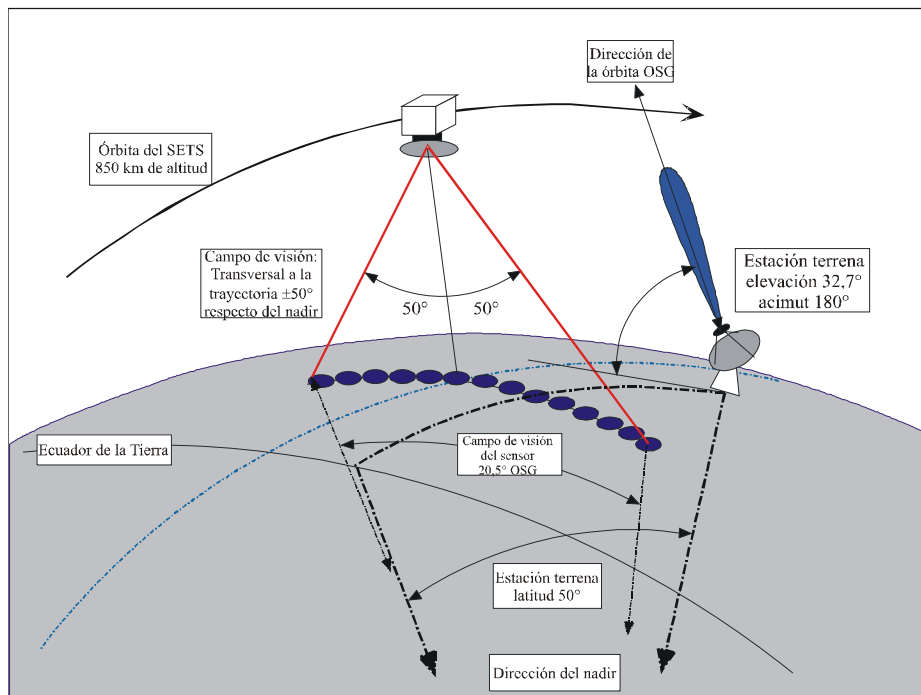
En el caso de la ganancia de antena de 70 dBi, el umbral se supera en 50 dB, y en el caso de la antena de 55 dBi, el umbral se supera en 65 dB. En ambos casos, el umbral se rebasa durante el 99,99 % del tiempo.

La configuración orbital de este sensor con una estación terrena de un sistema del SFS/SMS OSG se muestra en la Fig. 8-5. Sólo está operativa una estación terrena ubicada a 50° de latitud.

FIGURA 8-5

Configuración del SFS/SMS OSG

(Configuración de la interferencia causada por una estación terrena del SFS/SMS a un sensor de barrido secuencial)

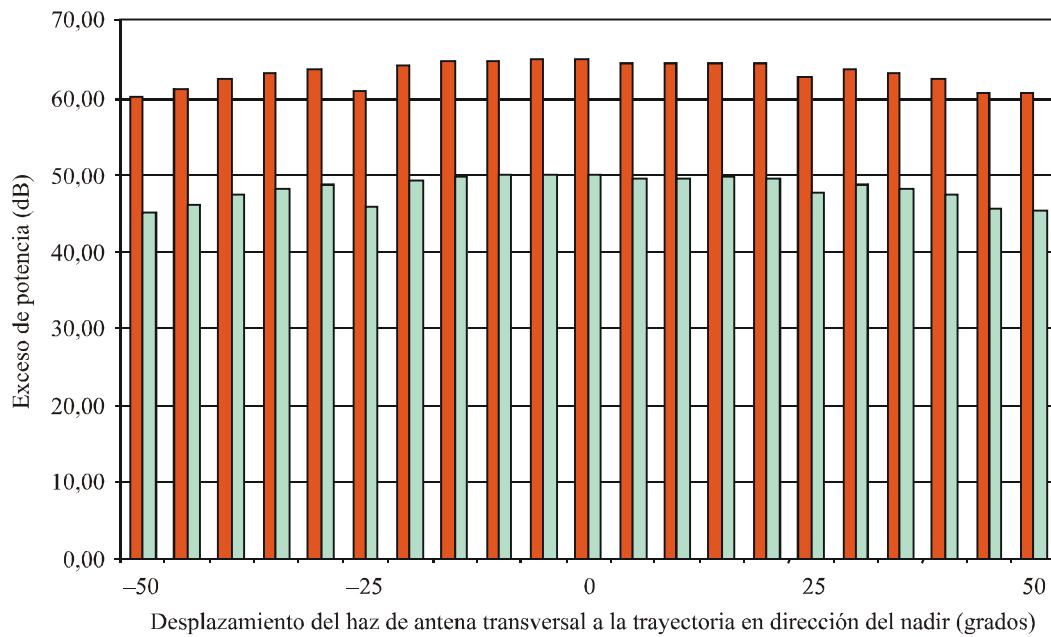


Rap 2092-085

FIGURA 8-6

Exceso de potencia por encima del umbral de interferencia

(Exceso de potencia por encima del umbral en función del desplazamiento del haz de la antena. Sólo se analiza un haz de antena de barrido transversal de cada cinco)



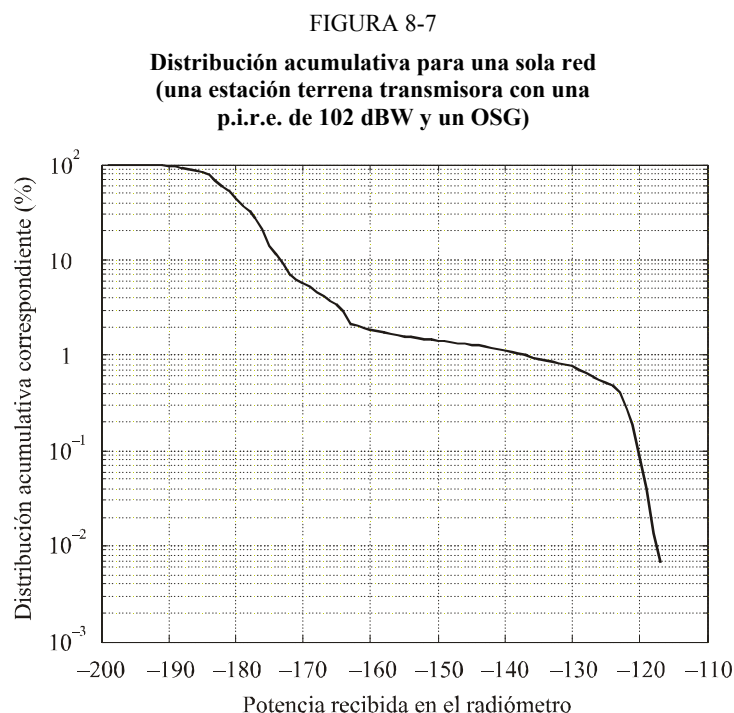
■ 55 dBí +45 dBW

■ 70 dBí +30 dBW

Rap 2092-086

Como se ve en la Fig. 8-6, una red OSG, con una estación terrena cuya p.i.r.e. sea de $100 \text{ dBW} = 70 \text{ dBi} + 30 \text{ dBW}$ y un satélite, produce una interferencia de $50 - 7 = 43 \text{ dB}$ (con un factor de anchura de banda de 7 dB) por encima del umbral, empleando la estructura detallada del diagrama de antena de barrido transversal.

El análisis dinámico utilizando el diagrama de antena de barrido transversal compuesto con una red OSG y una estación terrena transmisora, cuya p.i.r.e. es de 102 dBW ($70 \text{ dBi} + 32 \text{ dBW}$), en una anchura de banda de 1 GHz , muestra un margen negativo de $48 - 7 = 41 \text{ dB}$ (con un factor de anchura de banda de 7 dB), de acuerdo con la siguiente Fig. 8-7.



Rap 2092-087

Por consiguiente, los resultados obtenidos en este punto demuestran que los márgenes negativos que se obtienen utilizando la estructura detallada del diagrama de antena de barrido transversal de la Fig. 8-3 son superiores a los que se obtienen cuando se emplea el diagrama de antena de barrido transversal compuesto de la Fig. 8-2. Al utilizar el diagrama de antena de barrido transversal compuesto no se sobreestima el nivel de interferencia. Para simplificar, dada la muy larga duración de las simulaciones dinámicas, las siguientes simulaciones se realizarán utilizando la representación compuesta del diagrama de antena de barrido transversal.

8.4.1.2 Análisis dinámicos con sistemas OSG

Los análisis dinámicos se realizan durante 45 días a intervalos de $0,2 \text{ s}$. Las probabilidades de haz único se refieren a la zona de medición de $2\,000\,000 \text{ km}^2$ del sensor pasivo. Se realizaron simulaciones para determinar la probabilidad de interferencia con un incremento de tiempo de $0,5 \text{ s}$ a fin de obtener resultados precisos. Las simulaciones se detuvieron al estabilizarse la función de distribución acumulativa. Además, cabe señalar que todas las simulaciones que se presentan a continuación sólo se refieren al satélite «de barrido transversal» de sondeo del nadir. También hay que decir que el número de estaciones terrenas y de satélites de un sistema del SFS/SMS puede incrementar considerablemente las probabilidades de interferencia perjudicial, lo que, evidentemente, repercutirá en el resultado final.

8.4.1.2.1 Análisis dinámico con un solo sistema

En la Fig. 8-8 se muestra la distribución acumulativa obtenida en cuatro casos distintos. En cada caso sólo se ha intervenido una red OSG.

La primera red está compuesta por 6 sistemas OSG (tipo USCSID) con 6 diferentes estaciones terrenas correspondientes a cada uno de los satélites OSG (-75°E , -80°E , -95°E , -100°E , -110°E , -118°E) para una zona de medición de $2\,000\,000\text{ km}^2$. Cada estación terrena transmite 32 dBW con una ganancia de antena de 70 dBi ($03\text{ dB} = 0,06^{\circ}$). La p.i.r.e. de cada estación es, por tanto, de 102 dBW . En este caso el factor de corrección de anchura de banda es de 7 dB .

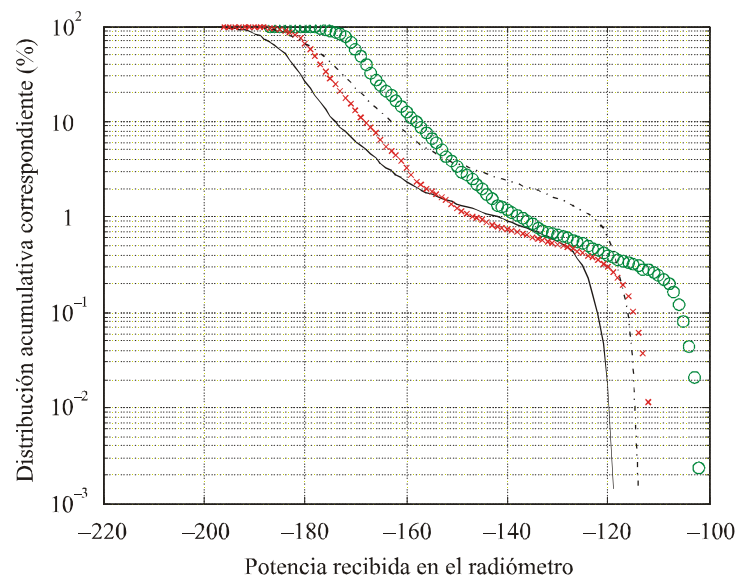
La segunda red está compuesta por 1 satélite OSG con una estación terrena (tipo KOREASAT). Esta estación terrena está ubicada a 123° Este y transmite 44 dBW con una ganancia de antena de 55 dBi . La p.i.r.e. de la estación terrena es, por tanto, de 99 dBW . En este caso el factor de corrección de anchura de banda es de 0 dB .

La tercera red está compuesta por 1 satélite OSG con una estación terrena (tipo STRATSAT-1), ubicada a 29° Este , que transmite 36 dBW con una ganancia de antena de 56 dBi . La p.i.r.e. de la estación terrena es, por tanto, de 92 dBW . En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es de 0 dB .

La cuarta red está compuesta por 1 satélite OSG (tipo ATHENA) con dos estaciones terrenas (1°E y 11°E). Cada estación terrena transmite 27 dBW con una ganancia de antena de 63 dBi . La p.i.r.e. de cada estación es, por tanto, de 90 dBW . En este caso el factor de corrección de anchura de banda es de 0 dB .

FIGURA 8-8

Distribuciones acumulativas de 4 redes OSG independientes:
ATHENA(-), KOREASAT(o), STRATSAT-1(x), USCSID(-)



Rap 2092-088

En el Cuadro 8-10 se muestran las cifras más importantes de la Fig. 8-8.

CUADRO 8-10

Resultados preliminares para las redes OSG independientes

	Potencia interferente para una distribución acumulativa de 0,01% (dBW)	Rebasamiento del umbral del SETS (dB)	Máxima p.i.r.e. provisional en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia provisional en la banda pasiva, (dB(W/200 MHz))
Red USCSID	-122	44	51	-19
Red KOREASAT	-103	63	36	-19
Red STRATSAT	-111	55	37	-19
Red ATHENA	-120	46	44	-19

8.4.1.2.2 Análisis dinámico con múltiples sistemas OSG

Los análisis dinámicos anteriores se han realizado para mostrar la repercusión de un solo sistema OSG. Se espera que en el futuro funcionen en una misma zona múltiples sistemas OSG con múltiples estaciones transmisoras. Por consiguiente, es necesario efectuar un análisis dinámico combinado en una zona determinada utilizando las características representativas de los sistemas OSG.

8.4.1.2.2.1 Análisis dinámico con múltiples sistemas OSG en América del Norte

Las características de la simulación dinámica combinada son las siguientes.

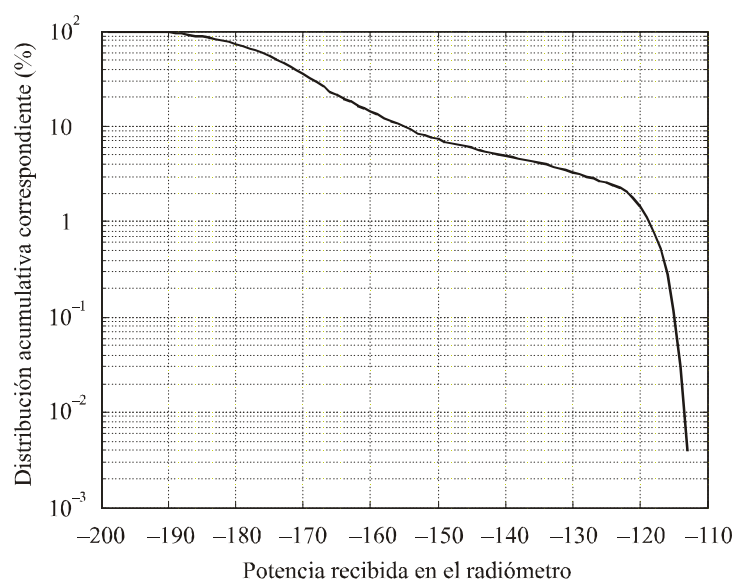
CUADRO 8-11

Características de los distintos sistemas de enlace ascendente del SFS OSG

Sistema de satélites del SFS (derivado del USCSID)	SFS tipo 1	SFS tipo 2	SFS tipo 3
Achura de banda ocupada (MHz)	1000	1000	1000
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	102	102	102
Potencia de transmisión de la estación terrena (dBW)	32	32	32
Ganancia de antena (dBi)	70	70	70
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,06	0,06	0,06
Estrategia de seguimiento (siempre apuntando al satélite OSG designado)	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Número de satélites	6	6	6
Número de estaciones terrenas y ubicación	6 haces (Este de EE.UU.): -70E, -74E, -80E, -82E, -84E, -86E	6 haces (Centro de EE.UU.): -96E, -98E, -99E, -101E, -103E, -105E	6 haces (Oeste de EE.UU.): -113E, -114E, -116E, -118E, -119E, -122E

En la Fig. 8-9 se muestra la distribución acumulativa obtenida con las características OSG descritas en el Cuadro 8-11.

FIGURA 8-9
Distribución acumulativa para la combinación de múltiples redes OSG
sobre América del Norte



Rap 2092-089

En el Cuadro 8-12 se muestran las cifras más importantes de la Fig. 8-9.

CUADRO 8-12
Resultados del análisis dinámico de la Fig. 8-9

Acumulación (%)	5	1	0,1	0,01	0,003
Potencia recibida /1 000 MHz	-140	-118	-115	-113	-112

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es de 7 dB.

Para una distribución acumulativa de 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de zona en que se puede rebasar el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 8-12 es de $-113 - 7 = -120$ dBW, es decir, 46 dB por encima del umbral de interferencia.

Por consiguiente, el máximo valor provisional que se considerará en lo sucesivo para la banda pasiva con un solo sistema OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 49 \text{ dBW} \quad (95 \text{ dBW} - 46 \text{ dB})$$

Dado que la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y que la ganancia de la antena es de 70 dBi, la potencia en la banda pasiva 31,3-31,5 GHz no debe superar los -21 dBW/anchura de banda de referencia de 200 MHz.

8.4.1.2.2.2 Análisis dinámico con múltiples sistemas OSG en Europa

CUADRO 8-13

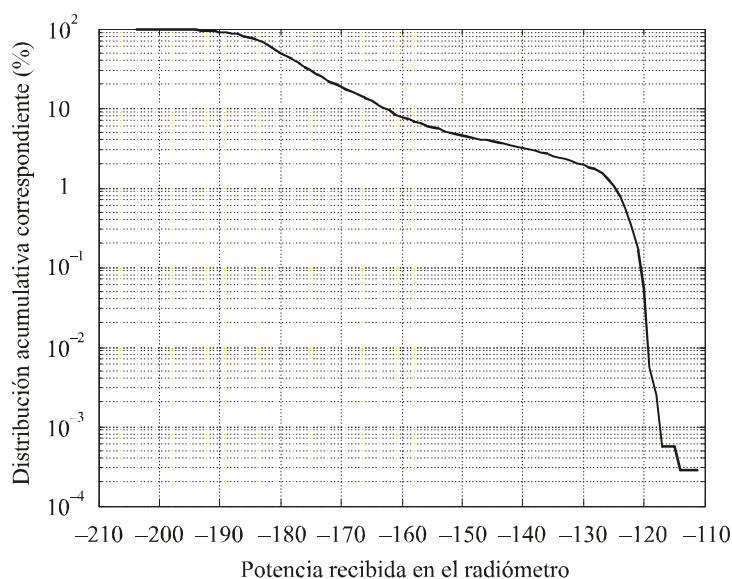
Características de los distintos sistemas de enlace ascendente del SFS OSG

Sistema de satélites del SFS (derivado de ATHENA)	SFS tipo 1	SFS tipo 2	SFS tipo 3	SFS tipo 4	SFS tipo 5	SFS tipo 6
Anchura de banda ocupada (MHz)	56	56	56	56	56	56
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	90	90	90	90	90	90
Potencia de transmisión de la estación terrena (dBW)	27	27	27	27	27	27
Ganancia de antena (dBi)	63	63	63	63	63	63
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Estrategia de seguimiento (siempre apuntando al satélite OSG designado)	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Número de satélites	1	1	1	1	1	1
Número de estaciones terrenas y ubicación	2 (-7E, 56N; -2E, 59N)	2 (-8E, 43N; -3E, 43N)	2 (3E, 49N; 8E, 50N)	2 (13E, 55N; 14E, 42N)	2 (20E, 45N; 26E, 47N)	2 (19E, 59N; 25E, 57N)

En la Fig. 8-10 se muestra la distribución acumulativa que se obtiene con las características OSG del Cuadro 8-13.

FIGURA 8-10

Distribución acumulativa para la combinación de múltiples redes OSG sobre Europa



En el Cuadro 8-14 se indican las cifras más importantes correspondientes a la Fig. 8-10.

CUADRO 8-14

Resultados del análisis dinámico de la Fig. 8-10

Acumulación (%)	4	1	0,1	0,01	0,0003
Potencia recibida /200 MHz	-146	-125	-121	-119	-111

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es de 0 dB.

Para una distribución acumulativa de 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o zona en que se puede superar el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 8-14 es de -119 dBW, es decir, 47 dB por encima del umbral de interferencia.

Por consiguiente, el máximo valor provisional que se considerará en lo sucesivo para la banda pasiva con un único sistema OSG activo es:

$$p.i.r.e. = 43 \text{ dBW} \quad (90 \text{ dBW} - 47 \text{ dB})$$

Dado que la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y que la ganancia de la antenna es de 63 dBi, la potencia en la banda pasiva 31,3-31,5 GHz no deberá superar los -20 dBW en la anchura de banda de referencia de 200 MHz.

8.4.1.2.2.3 Análisis dinámico con múltiples sistemas OSG en Asia

CUADRO 8-15

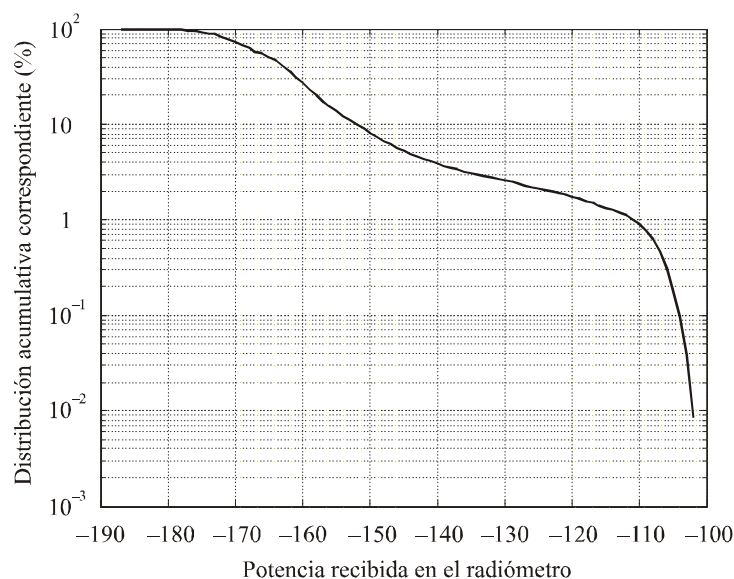
Características de los distintos sistemas de enlace ascendente del SFS OSG

Sistemas de satélites del SFS (derivados de KOREASAT)	SFS tipo 1	SFS tipo 2	SFS tipo 3	SFS tipo 4	SFS tipo 5	SFS tipo 6
Anchura de banda ocupada (MHz)	200	200	200	200	200	200
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	99	99	99	99	99	99
Potencia de transmisión de la estación terrena (dBW)	44	44	44	44	44	44
Ganancia de antena (dBi)	55	55	55	55	55	55
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Estrategia de seguimiento (siempre apuntando al satélite OSG designado)	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Número de satélites	1	1	1	1	1	1
Número de estaciones terrenas y ubicación	1 (113E, 37N)	1 (120E, 31N)	1 (122E, 48N)	1 (128E, 40N)	1 (134E, 38N)	1 (142E, 43N)

En la Fig. 8-11 se muestra la distribución acumulativa obtenida con las características OSG del Cuadro 8-15.

FIGURA 8-11

**Distribución acumulativa para la combinación de
múltiples redes OSG sobre Asia**



Rap 2092-0811

En el Cuadro 8-16 se muestran las cifras más importantes correspondientes a la Fig. 8-11.

CUADRO 8-16

Resultados del análisis dinámico de la Fig. 8-11

Acumulación (%)	5	1	0.1	0.01
Potencia recibida/200 MHz	-159	-111	-104	-102

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es de 0 dB.

Para una distribución acumulativa de 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o zona en que se puede superar el umbral de interferencia, la potencia interferente que se indica en el Cuadro 8-16 es de -102 dBW, es decir, 64 dB por encima del umbral de interferencia.

Por consiguiente, el máximo valor provisional que se considerará en lo sucesivo para la banda pasiva con un único sistema OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 35 \text{ dBW} \quad (99 \text{ dBW} - 64 \text{ dB})$$

Dado que la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y que la ganancia de la antena es de 55 dBi, la potencia en la banda pasiva 31,3-31,5 GHz no deberá sobrepasar los -20 dBW/anchura de banda de referencia de 200 MHz.

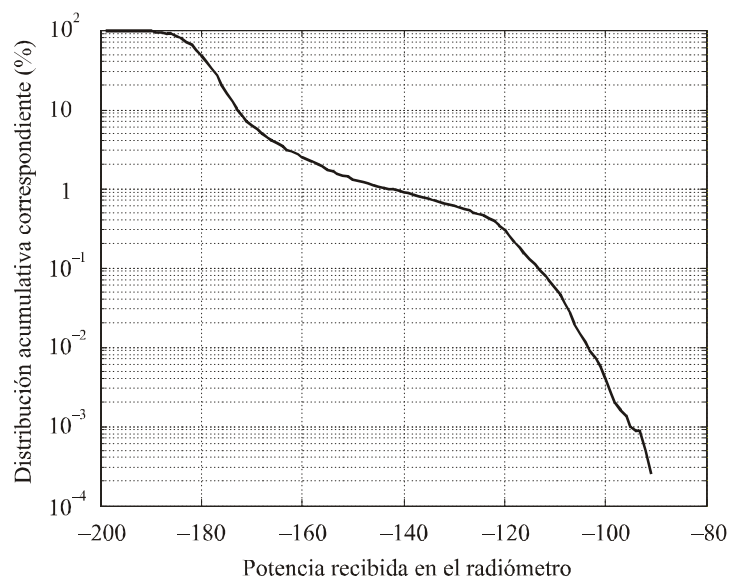
8.4.1.3 Análisis dinámico con un sistema no OSG: USCSID-P

Se establece un modelo con ocho satélites con órbita elíptica (con las características de los Cuadros 8-5 y 8-6) con dos estaciones terrenas (-75E y -118E), cuya potencia de transmisión es de 32 dBW y la ganancia de antena es de 70 dBi. Por tanto, la p.i.r.e. es de 102 dBW.

En la Fig. 8-12 se muestra la distribución acumulativa obtenida de la simulación para esta red no OSG.

FIGURA 8-12

Distribución acumulativa obtenida con una red no OSG



Rap 2092-0812

En el Cuadro 8-17 se muestran las cifras más importantes correspondientes a la Fig. 8-12.

CUADRO 8-17

Resultados del análisis dinámico de la Fig. 8-12

Acumulación (%)	50	1	0,1	0,01	0,001
Potencia recibida/1 000 MHz	-180	-140	-114	-104	-96

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es de 7 dB.

Para una distribución acumulativa de 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o zona en que puede superarse el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 8-17 alcanza los $-104 - 7 = -111$ dBW, es decir, 55 dB por encima del umbral de interferencia.

Por consiguiente, el máximo valor provisional que se considerará en adelante para la banda pasiva con un único sistema OSG activos es:

$$\text{p.i.r.e.} = 40 \text{ dBW} \quad (95 \text{ dBW} - 55 \text{ dB})$$

Dado que la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y que la ganancia de la antena es de 70 dBi, la potencia en la banda pasiva 31,3-31,5 GHz no deberá sobrepasar los -30 dBW/anchura de banda de referencia 200 MHz.

8.4.1.4 Evaluación de los niveles de potencia obtenidos en el caso combinado

8.4.1.4.1 Resumen de los resultados

En el Cuadro 8-18 se reflejan los distintos niveles de potencia obtenidos en las simulaciones anteriores y mediante la utilización de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste, de conformidad con la metodología expuesta en el § 2 (en concreto, en el Apéndice técnico, § 2.3).

CUADRO 8-18

Evaluación de los niveles de potencia obtenidos mediante el cómputo de los distintos análisis dinámicos del caso combinado

Combinación	Potencia interferente para una distribución acumulativa de 0,01% (dBW)	Rebasamiento del umbral SETS	Máxima p.i.r.e. provisional en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia provisional en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Potencia lograda mediante la utilización de la Rec. UIT-R SM.1541 de acuerdo con la metodología (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia lograda mediante la utilización de la Rec. UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste (véase la metodología) (dB(W/200 MHz))
Múltiples OSG sobre América del Norte	-120	46	49	-21	15	0
Múltiples OSG sobre Europa	-119	47	43	-20	-13	-28
Múltiples OSG sobre Asia	-102	64	35	-20	16	1
No OSG USCSID-P	-103	62	40	-30	15	0

La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable se basa en una combinación de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha determinado que la máscara de la Recomendación UIT-R SM.1541 sobreestima la potencia fuera de banda, lo que sigue ocurriendo hasta con la utilización conjunta de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se espera que la utilización combinada de una forma espectral, como $(\sin x/x)^2$, junto con un filtro después de la modulación, como el que se define con la ecuación (1) en el § 8.2.4.2, mejorará mucho la compatibilidad (véanse más detalles al respecto en el § 2).

Por ejemplo, en este capítulo se ve que, en los casos «múltiples OSG sobre América del Norte» y «USCSID-P no OSG», si se utiliza una forma espectral, como $(\sin x/x)^2$, y un filtro después de la modulación, como el que se define con la ecuación (1) en el § 8.2.4.2, puede lograrse una potencia máxima de -17 dB(W/200 MHz) (atenuación de 41,7 dB para una anchura de banda de 200 MHz).

8.4.1.4.2 Utilización de la norma ETSI sobre emisiones no esenciales de las estaciones terrenas de satélite (Tierra-espacio)

Puede establecerse una comparación con la Norma ETSI EN 301 459 V1.2.1 (2000-10) del ETSI, que determina niveles adecuados para la compatibilidad con otros sistemas de radiocomunicaciones. El título de la norma ETSI es el siguiente.

Sistemas y estaciones terrenas de satélite (ETS); EN armonizada para terminales de satélite interactivos (TSI) y Terminales de satélite de usuario (TSU) que transmiten hacia satélites de la órbita geoestacionaria en las bandas de frecuencias de 29,5 GHz a 30,0 GHz con ajuste a los requisitos del Artículo 3.2 de la directiva ETRI 30-31 GHz.

En el Cuadro 3 del § 4.2.2.2 de esta norma ETSI se especifica, fuera de la anchura de banda nominal, el nivel de radiación no esencial fuera del eje procedente del terminal de satélite que no ha de superarse en ninguna porción de 100 kHz de la banda, para todos los ángulos con respecto al eje superiores a 7°. En el Cuadro 3, el límite de la radiación no esencial en la banda de frecuencias 30,15-40 GHz es de 67 dBpW de p.i.r.e., lo que corresponde a -53 dBW en 100 kHz o a -19,9897 en 200 MHz.

Por tanto, con la ganancia de la antena (fuera del eje: $29 - 25 \log(\phi)$) $P_{\max}$ = límite de p.i.r.e. - $(29 - 25 \log(7)) = 27,8$ dBW en 200 MHz.

Por consiguiente, la extrapolación de la mencionada norma ETSI propone que no se sobrepasen los -27,8 dB(W/200 MHz) fuera de la anchura de banda del SFS/SMS. Cabe señalar que el valor del ETSI está por debajo de los límites que se proponen en este documento para proteger la banda pasiva 31,3-31,5 GHz contra las emisiones no deseadas procedentes de la banda 30-31 GHz.

8.4.2 Estudio de simulación dinámica N° 2

Los sistemas USCSID y USCSID-P del SFS se incluyen en este modelo basado en los parámetros de sistema de los Cuadros 8-3, 8-8 y 8-9. Se supone que el sistema USCSID geoestacionario comprende:

Seis satélites: 4 sobre el Atlántico a 10°, 13°, 24° y 30° de longitud Oeste; y 2 sobre el Pacífico a 141° y 144° de longitud Oeste.

Se supone que hay una estación terrena de enlace ascendente operativa con cada satélite USCISD OSG, con dos antenas de enlace ascendente del SFS en la costa Este, 2 en el Centro y 2 en la costa Oeste, cada una de ellas apuntando a un satélite USCSID OSG diferente. En el caso de la constelación USCSID-P no OSG, se supone que en todo momento hay una estación terrena activa de enlace ascendente del SFS en la costa Este y una en la costa Oeste. En la simulación se emplean enlaces dinámicos para orientar cada una de las estaciones terrenas no OSG hacia el satélite USCSID-P más alejado de la OSG. Todas las antenas de enlace ascendente están coubicadas en los emplazamientos de la costa Este, el Centro y la costa Oeste.

La potencia de transmisión de enlace ascendente total se corrige mediante un factor de emisión no deseada para tener en cuenta únicamente la potencia que entra en la banda del sensor pasivo 31,3-31,5 GHz cuando la frecuencia portadora del SFS es 30,5 GHz. El factor de emisión no deseada se define como la porción de la potencia de transmisión total que entra en la anchura de banda del receptor víctima (por ejemplo, el sensor pasivo).

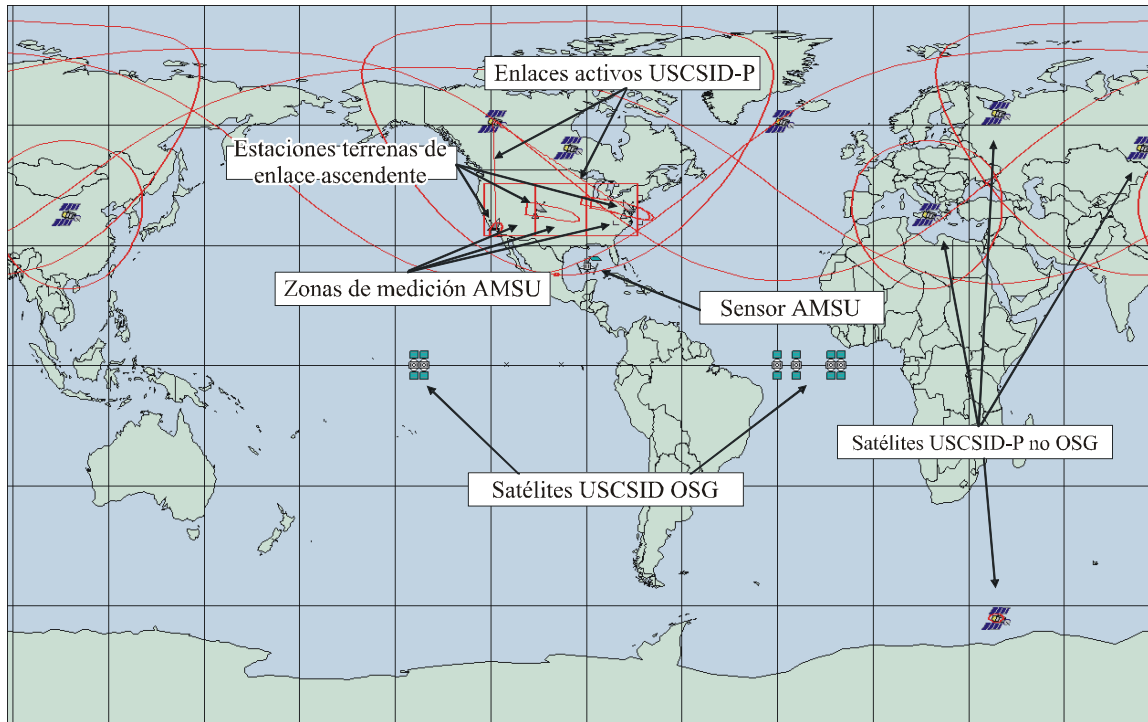
Se calculó para estos sistemas un factor de emisión no deseada de -41,76 dB mediante la integración numérica del producto de estos dos factores en toda la anchura de banda de referencia del sensor pasivo. Un factor es una forma espectral $(\sin(x)/x)^2$ de una emisión MDP-4 de 1 Gsps. El otro factor representa la atenuación debida al filtrado después de la modulación, que, para el sistema USCSID, se representa con la siguiente fórmula:

$$A(f) = 40 \log_{10} |2(f - 30,5)| + 8$$

Este factor de emisión no deseada corresponde a una potencia de transmisión de enlace ascendente de -9,76 dBW dentro de la banda de 200 MHz centrada a 31,4 GHz.

En la Fig. 8-13 se muestra la configuración de la simulación al principio de la misma. Se calculan las funciones de distribución acumulativa (FDA) de la interferencia en el sensor pasivo en las tres distintas zonas de medición del sensor pasivo (es decir, Este, Centro y Oeste) que se indican en la Figura.

FIGURA 8-13
Configuración inicial de la simulación ($t = 0$)



Rap 2092-0813

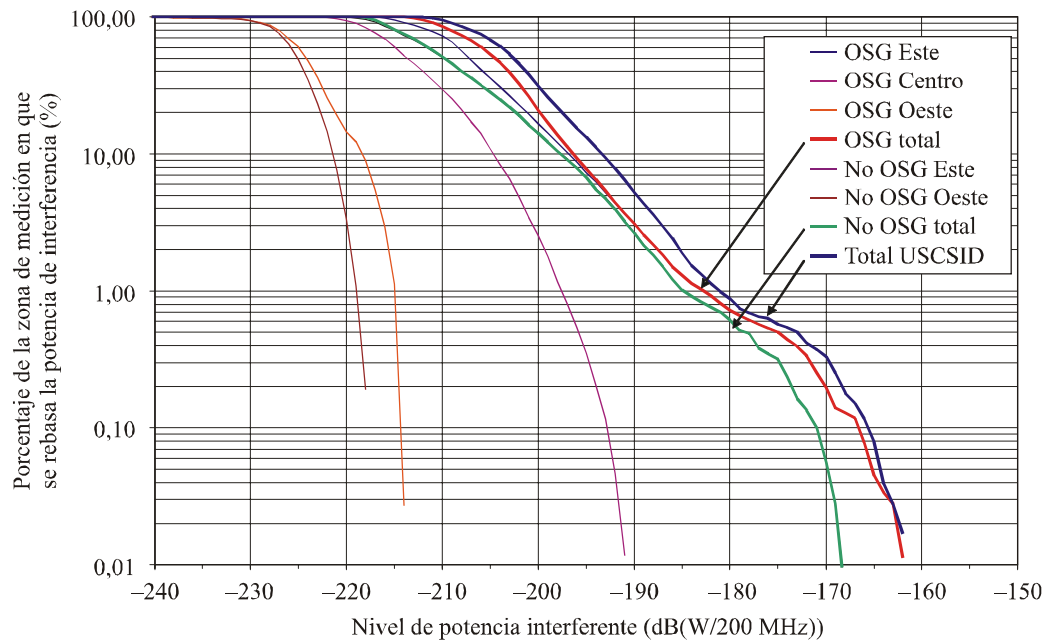
Las simulaciones del modelo USCSID/USCSID-P se efectuaron en tres zonas de medición adyacentes, pero no superpuestas, en América del Norte, entre $32,524^{\circ}$ y $45,476^{\circ}$ de latitud Norte y entre $73,898^{\circ}$ y $122,102^{\circ}$ de longitud Oeste, como se ve en la Fig. 8-13. Cada una de estas zonas, denominadas zonas de medición Este, Centro y Oeste, tiene una superficie de $2\,000\,000\text{ km}^2$.

Las simulaciones se efectuaron para obtener las FDA a lo largo de 16 días a intervalos de 200 ms, cuando el sensor pasivo podía tomar puntos de muestra dentro de la zona de medición. Las FDA de la interferencia causada por los enlaces ascendentes del SFS al sensor pasivo en la banda 31,3-31,5 GHz se presentan en las Figs. 8-14, 8-15 y 8-16 para cada una de las zonas de medición analizadas. Dado que las figuras demuestran que no se sobrepasan los niveles de interferencia admisible de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 con los actuales sensores pasivos, puede concluirse que los sistemas USCSID y USCSID-P son compatibles con el SETS (pasivo).

FIGURA 8-14

FDA de interferencia de USCSID – Zona de medición Este

Interferencia causada por USCSID en la zona de medición Este de AMSU

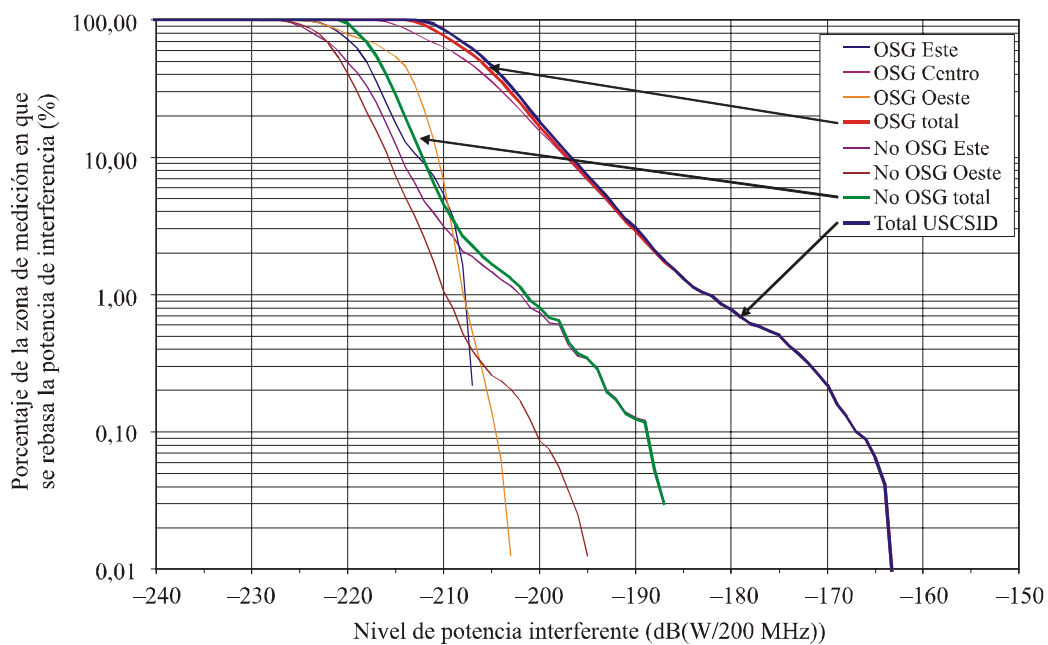


Rap 2092-0814

FIGURA 8-15

FDA de interferencia de USCSID – Zona de medición Central

Interferencia causada por USCSID en la zona de medición Central de AMSU

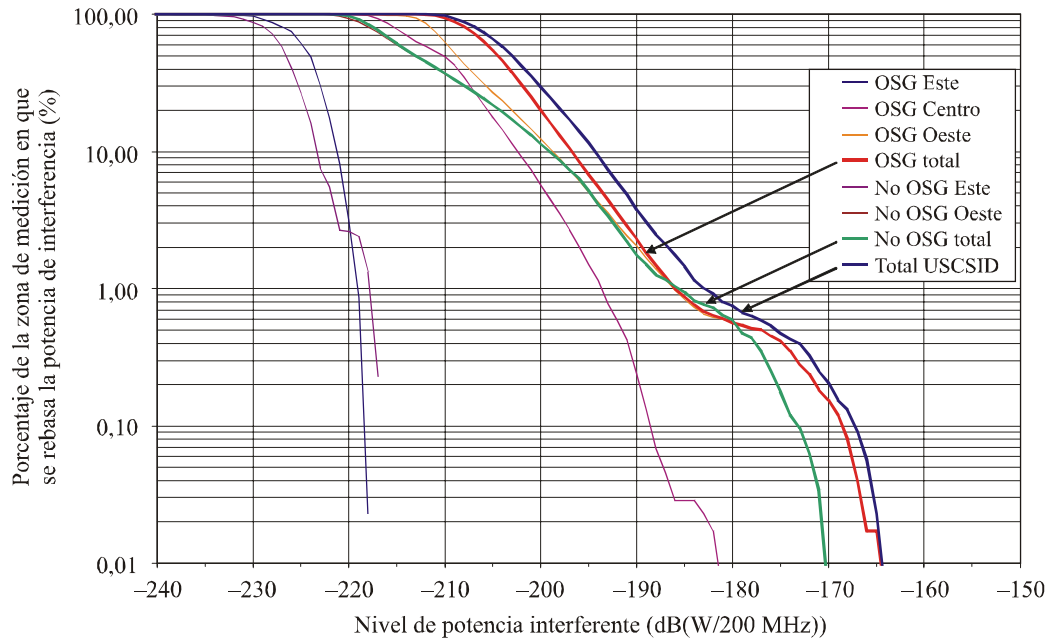


Rap 2092-0815

FIGURA 8-16

FDA de interferencia de USCSID – Zona de medición Oeste

Interferencia causada por USCSID en la zona de medición Oeste de AMSU



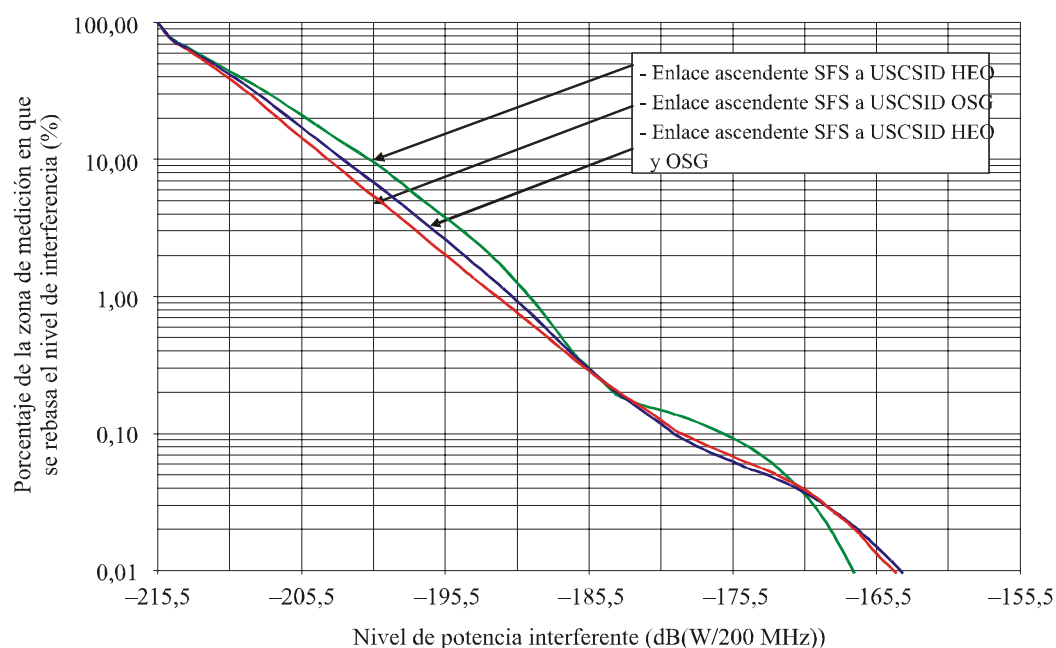
Rap 2092-0816

Se llevó a cabo otro estudio para analizar el sensor de barrido transversal, descrito en el § 8.1.4, con el modelo de la Fig. 8-13. Se realizaron dos simulaciones distintas. En un caso, se configuró la antena del sensor de barrido transversal como un haz de antena transversal a la trayectoria compuesto. En el segundo caso, el sensor de barrido transversal se configuró con 93 haces individuales.

Ambas simulaciones de barrido transversal se llevaron a cabo durante 16 días a intervalos de 200 ms, cuando el sensor pasivo podía tomar puntos de muestra en la zona de medición. Se utilizó el mismo factor de emisión no deseada correspondiente a una potencia de transmisión de enlace ascendente de $-9,76$ dBW en la banda de 200 MHz centrada a 31,4 GHz.

El cálculo de la interferencia causada a cada uno de los 93 haces se combinó en una FDA compuesta que abarca todos los puntos de medición. Los resultados se reflejan en la Fig. 8-17 y el Cuadro 8-19. Estos resultados demuestran que es posible satisfacer los niveles de interferencia admisible del sensor de barrido transversal, cuando éste se configura como haces individuales.

FIGURA 8-17

FDA de interferencia causada por USCSID al sensor de barrido transversal

Rap 2092-0817

CUADRO 8-19

Resultados del análisis dinámico de la Fig. 8-17

	Enlace ascendente del SFS a USCSID HEO	Enlace ascendente del SFS a USCSID OSG	Enlace ascendente del SFS a USCSID HEO y OSG
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-167,25	-164,5	-164,25
Desadaptación de polarización ⁽¹⁾	-2	-2	-2
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-166	-166	-166
Rebasamiento del nivel admisible (dB(W/200 MHz))	-3,25	-0,5	-0,25
Densidad de potencia de transmisión de las emisiones no deseadas admisible (dB(W/200 MHz))	-6,5	-9,2	-9,5

⁽¹⁾ El factor de desadaptación de polarización representa la pérdida de energía recibida causada por la interferencia procedente de los lóbulos laterales de la antena del SFS, que no tiene un sentido de polarización bien definido en el haz principal del sensor pasivo polarizado, que tiene un alto grado de rechazo de transpolarización.

En el Cuadro 8-20 se comparan los resultados de los análisis efectuados con el sensor de barrido transversal que emplea una antena transversal a la trayectoria compuesta y el modelo de SFS de la Fig. 8-13 con los resultados obtenidos utilizando haces individuales.

CUADRO 8-20

**Comparación de los resultados de los análisis con sensor de barrido transversal
y antena transversal a la trayectoria compuesta
y los resultados con haces individuales**

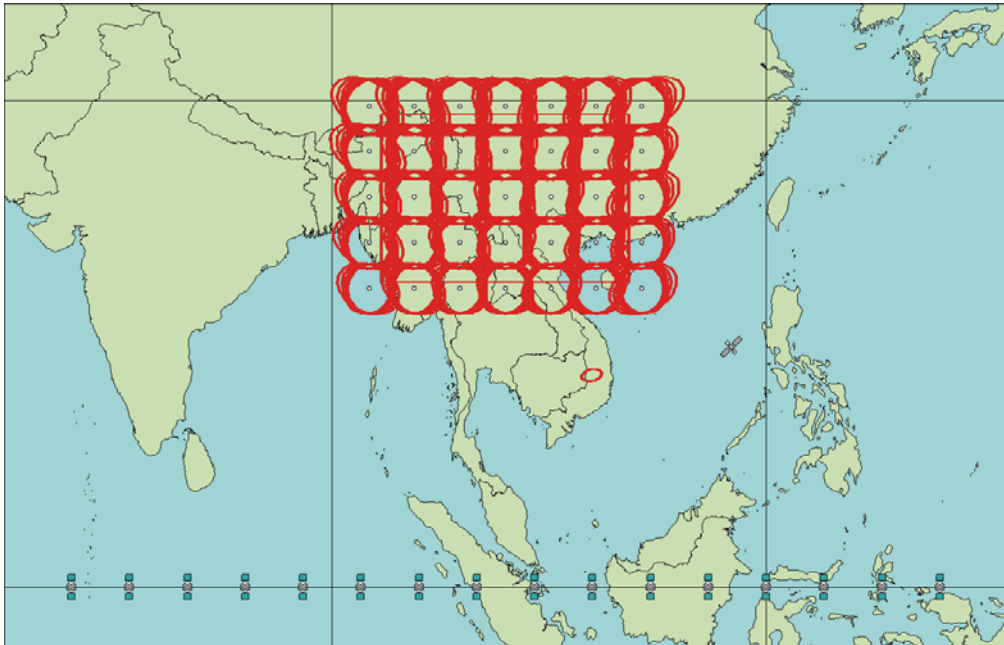
	Enlace ascendente del SFS a USCSID HEO	Enlace ascendente del SFS a USCSID OSG	Enlace ascendente del SFS a USCSID HEO y OSG
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz)) con el diagrama de antena transversal a la trayectoria compuesta	-156,25	-151,3	-151,0
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz)) con haces individuales	-167,25	-164,5	-164,25
Diferencia (dB)	11,0	13,2	13,25

Los resultados demuestran que la diferencia que se obtiene entre el modelo de antena transversal a la trayectoria compuesta y el modelo con haces individuales puede sobreestimar los niveles de interferencia en unos 10 dB con esta configuración del SFS.

8.4.3 Estudio de simulación dinámica N° 3

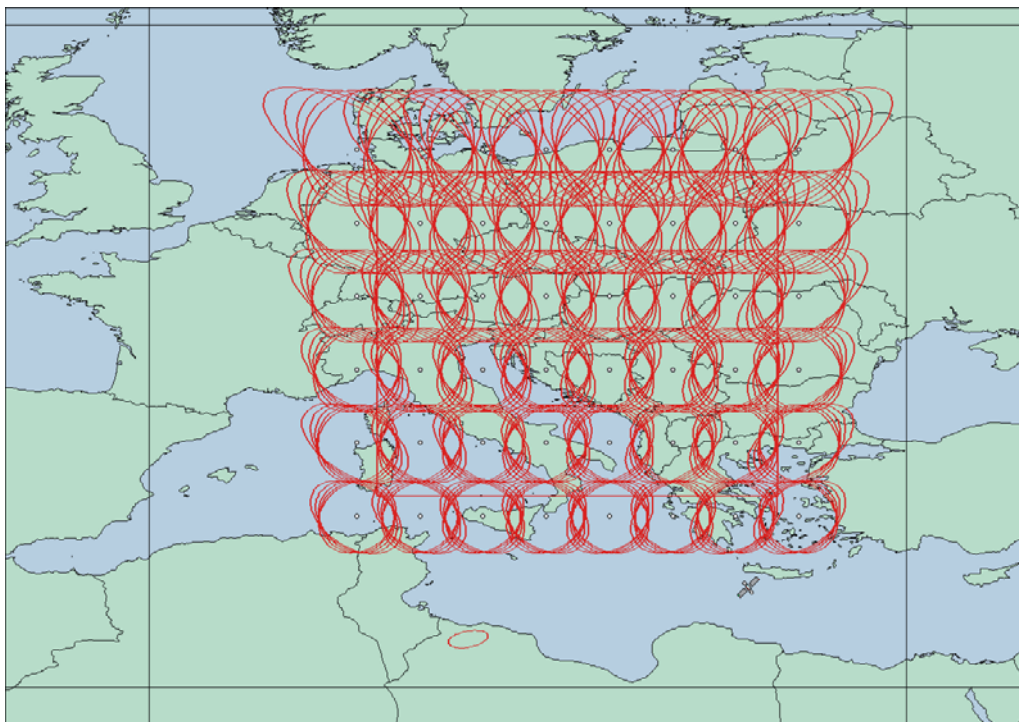
En este estudio se utilizaron dos modelos de SFS, uno para la zona de latitud inferior que cubre Asia, y otro para la zona de latitud superior que cubre Europa, utilizando los parámetros de las estaciones terrenas típicas de baja, media y alta capacidad extraídos de recientes notificaciones de satélites al UIT-R en la banda 30-31 GHz. A efectos de esta simulación dinámica, la zona de medición de Asia se define como la zona de la superficie de la Tierra limitada por las líneas de latitud constante 18,84° N y 29,16° N y las líneas de longitud constante 93,43° E y 110,57° E, cuya área es de 2 000 000 km², y cuyo centro se encuentra a 45° de latitud Norte y 105° de longitud Este. La zona de medición del sensor pasivo de Europa se define como la zona de la superficie de la Tierra limitada por las líneas de latitud constante 38,66° N y 53,34° N y las líneas de longitud constante 9,06° E y 24,94° E, cuyo centro se encuentra a 46° de latitud Norte y 17° de longitud Este. En las Figs. 8-18 y 8-19 se ilustran estas zonas de medición del sensor pasivo.

FIGURA 8-18

Zonas de medición del SETS en Asia y configuración del SFS

Rap 2092-0818

FIGURA 8-19

Zonas de medición del SETS en Europa y configuración del SFS

Rap 2092-0819

Para determinar el número de estaciones terrenas de enlace ascendente que pueden funcionar dentro de la zona de medición del sensor pasivo, o en el exterior inmediato de la misma, se supone que la zona está cubierta por haces puntuales de un satélite del SFS ligeramente superpuestos. El examen de una muestra de las notificaciones de satélites al UIT-R en esta banda indica que la ganancia de haz del SFS que puede considerarse típica es de unos 50 dBi, lo que corresponde a una anchura de haz a -3 dB de unos $0,5^\circ$. Como se muestra en las Figs. 8-18 y 8-19, la zona de medición de Asia puede quedar cubierta por una matriz de 35 haces puntuales y la zona de medición de Europa por una matriz de 48 haces puntuales.

Los satélites del SFS OSG ubicados entre 72° y 132° de longitud Este en el arco OSG tienen un ángulo de elevación mínimo superior a 35° sobre la zona de medición de Asia, y los satélites ubicados entre 1° de longitud Oeste y 35° de longitud Este tienen un ángulo de elevación mínimo superior a 25° sobre la zona de medición de Europa. Al no haber discriminación por polarización entre satélites adyacentes que dan servicio a la misma zona, y para tener en cuenta posibles desigualdades entre satélites, se ha supuesto que el modelo del SFS tiene 4° de separación orbital. Dado que no suele ser posible la transmisión cocanal con haces de satélites superpuestos, se supone que la transmisión de enlace ascendente puede realizarse en el canal de satélite de frecuencia más alta (es decir, más cercano al límite de la banda del SETS) sólo en la mitad de los haces puntuales de cada satélite del SFS de este modelo.

Se supone que hay una estación terrena de enlace ascendente del SFS ubicada en el centro de cada haz y que el emparejamiento de estaciones terrenas de enlace ascendente del SFS y satélites receptores se realizó de manera que las estaciones terrenas con haces adyacentes no transmiten hacia el mismo satélite. Esto da como resultado entre 17 y 18 estaciones terrenas en la zona de medición de Asia y 24 estaciones terrenas en la zona de medición de Europa, distribuidas a lo largo de la zona de servicio correspondiente y que transmiten hacia cualquier satélite del SFS por el canal de frecuencias del SFS más cercano a la banda del sensor pasivo. En este modelo se supone que la dirección de puntería de los haces de satélite es fija. Si el satélite del SFS emplea técnicas de cambio de dirección de puntería del haz, este modelo habrá de modificarse y probablemente las FDA de interferencia resultantes sean muy distintas de las que se presentan a continuación.

Con el fin de determinar la FDA, se realizó una simulación para los modelos de SFS de banda ancha ilustrados en las Figs. 8-18 y 8-19 a lo largo de 16 días a intervalos de 200 ms, cuando el sensor podía tomar puntos de muestra en la zona de medición. Las FDA de la interferencia causada por los enlaces ascendentes del SFS al sensor pasivo en la banda 31,3-31,5 GHz se representan en las Figs. 8-20 y 8-21.

FIGURA 8-20

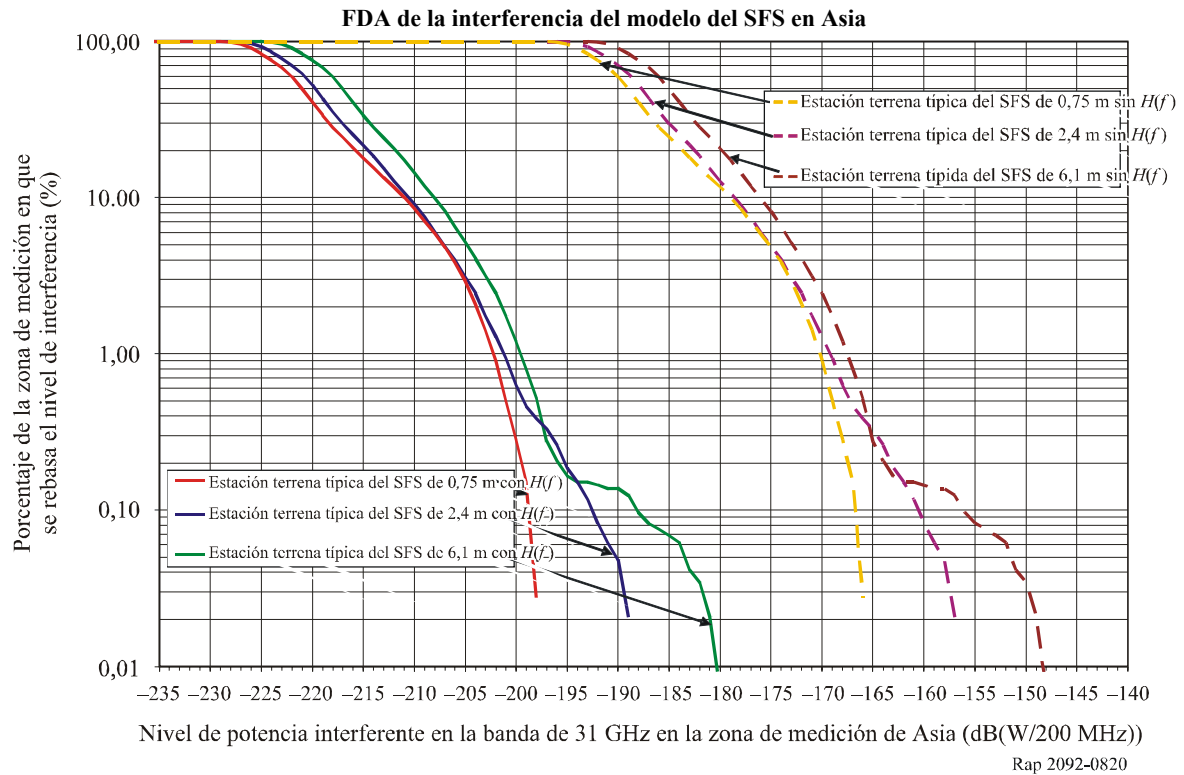
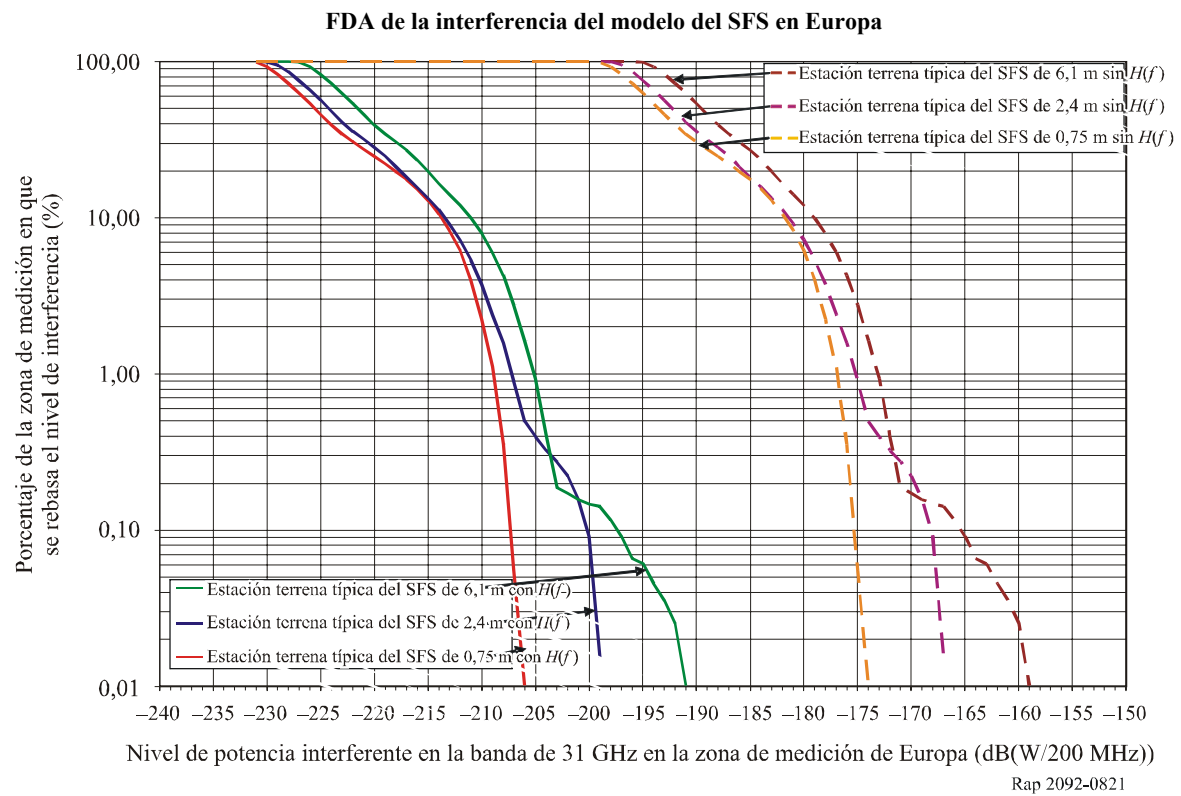


FIGURA 8-21



Estas FDA indican que se satisfacen los niveles de interferencia admisible de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 en todos los casos en que se aplica el filtrado después de la modulación. En los Cuadros 8-21 y 8-22 se comparan los resultados de las simulaciones con los niveles de interferencia admisible de los actuales sensores pasivos de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 suponiendo que no se aplique el filtrado después de la modulación en la transmisión de enlace ascendente y suponiendo que la atenuación debida al filtrado después de la modulación es de 40 dB/década. Un valor negativo en la entrada «rebasamiento del nivel admisible» indica que se cumplen los criterios de la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

CUADRO 8-21

**Análisis de los resultados de la simulación
(sin filtrado después de la modulación)**

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	6,1M	2,4M	0,75M	6,1M	2,4M	0,75M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. fuera de banda supuesta (dB(W/200 MHz)) sin filtrado después de la modulación	41,4	30,5	19,7	41,4	30,5	19,7
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-148	-157	-167	-159	-167	-174
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-160	-160	-160	-160	-160	-160
Rebasamiento del nivel admisible (dB)	12	3	-7	1	-7	-14
p.i.r.e. fuera de banda admisible (dB(W/200 MHz))	29,4	27,5	26,7	40,4	37,5	33,7

CUADRO 8-22

**Análisis de los resultados de la simulación
(con filtrado después de la modulación)**

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	6,1M	2,4M	0,75M	6,1M	2,4M	0,75M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. fuera de banda supuesta (dB(W/200 MHz)) con filtrado después de la modulación	9,9	-1,5	-12,3	9,9	-1,5	-12,3
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-180,2	-188,5	-197,5	-191	-199	-206
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-160	-160	-160	-160	-160	-160
Rebasamiento del nivel de interferencia (dB)	-20,2	-28,5	-37,5	-31	-39	-46

Cabe señalar que, de los seis casos que se presentan en el Cuadro 8-21, el nivel de interferencia admisible de la Recomendación UIT-R RA.1029-2 se satisface en tres casos, apenas se rebasa en 1-3 dB en dos casos y se supera en 12 dB en un solo caso, mientras que cuando se utiliza el filtrado después de la modulación, Cuadro 8-22, los criterios se satisfacen en todos los casos. No obstante, estos resultados suponen que todos los sistemas del SFS tienen estaciones terrenas de alta capacidad en funcionamiento en el canal más cercano a la banda del sensor pasivo, por lo que los valores de rebasamiento de interferencia que se indican para las estaciones terrenas de alta capacidad en el Cuadro 8-21 pueden considerarse los del caso más desfavorable. Aún así, es poco probable que haya enlaces ascendentes de alta capacidad transmitiendo en el canal del SFS más cercano a la banda del SETS (pasivo) en todos los haces de satélite activos de todos los sistemas del SFS, como se presume en el modelo de la simulación. Es más probable que cualquier configuración del SFS real se caracterice por una combinación de estaciones terrenas de alta, media y baja capacidad operativas en el canal más alto. Tal distribución de distintos tipos de estación operativas en el canal del SFS más alto causaría en el sensor pasivo un nivel de interferencia a mitad de camino entre el caso óptimo, es decir, que el canal esté ocupado sólo por enlaces ascendentes de baja capacidad, y el caso más desfavorable, donde el canal sólo está ocupado por enlaces ascendentes de alta capacidad. Además, la separación de 300 MHz entre las bandas atribuidas al SFS y el SETS (pasivo) causará una cierta atenuación de las emisiones no deseadas debida a los componentes de la estación terrena de banda limitada, como el diplexor, lo que reduce aún más el riesgo de que en la realidad aparezcan los niveles de interferencia de caso más desfavorable que se obtienen con enlaces ascendentes de alta capacidad sin filtrado. Teniendo en cuenta lo anterior, puede concluirse que los sistemas del SFS típicos de este tipo en la banda 30-31 GHz son compatibles con el SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz.

8.4.4 Simulación número 4

8.4.4.1 Sensor cónico

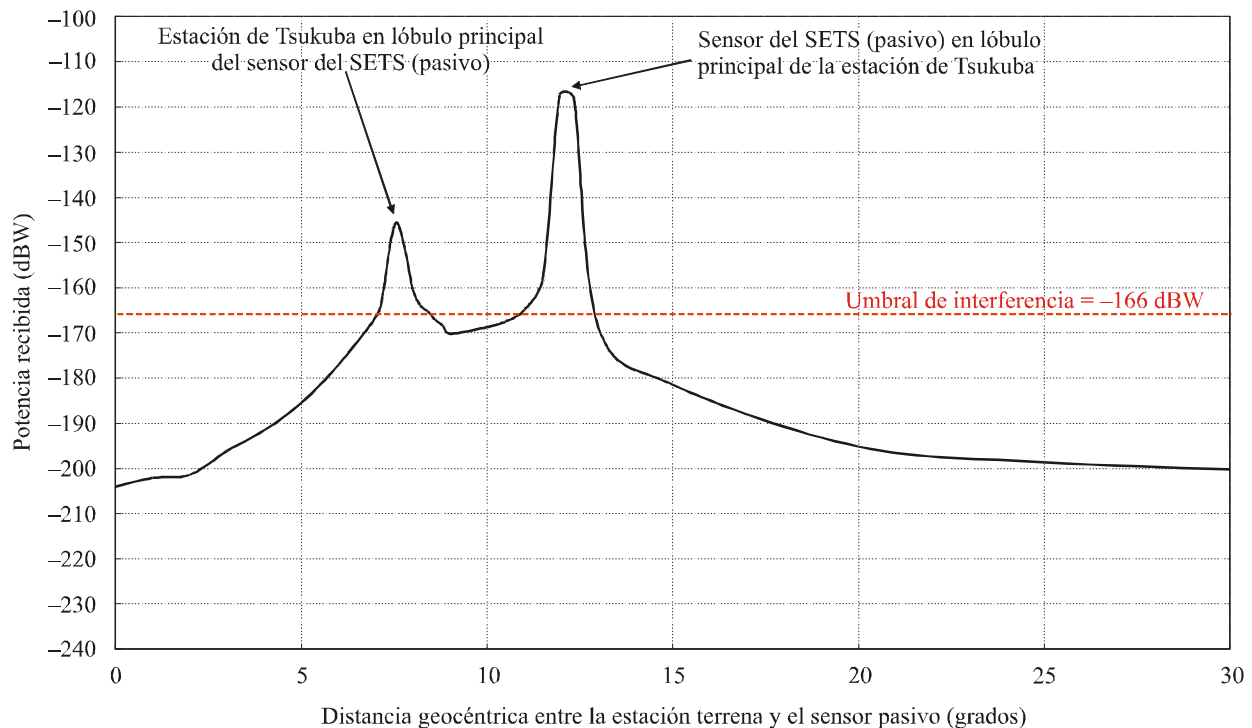
Se ha de realizar un análisis semiestático para verificar si el sensor del SETS (pasivo) recibe el nivel umbral establecido en el § 8.3. Si se supera tal nivel umbral, ha de verificarse también el sensor del SETS (pasivo) del caso más desfavorable.

En el análisis semiestático, al igual que en la configuración geométrica del caso más desfavorable, se considera la configuración más cercana posible a la interferencia de lóbulo principal a lóbulo principal.

En la Fig. 8-22 se muestran los resultados del análisis semiestático de un sensor de barrido cónico.

FIGURA 8-22

**Potencia recibida por el sensor de barrido cónico
(análisis semiestático)**



Rap 2092-0822

Pueden darse los dos siguientes casos de interferencia:

- a) *Trayecto de interferencia del lóbulo principal del sensor a los lóbulos laterales de la estación terrena*

La estación de Tsukuba se encuentra en el lóbulo principal de la antenna del sensor cuando la distancia geocéntrica entre el sensor y la estación de Tsukuba se acerca a los 7,5°. El rebasamiento del umbral de interferencia del sensor de barrido cónico es de 20,5 dB.

- b) *Interferencia del lóbulo principal de la estación terrena a los lóbulos laterales de los haces de la antenna del sensor*

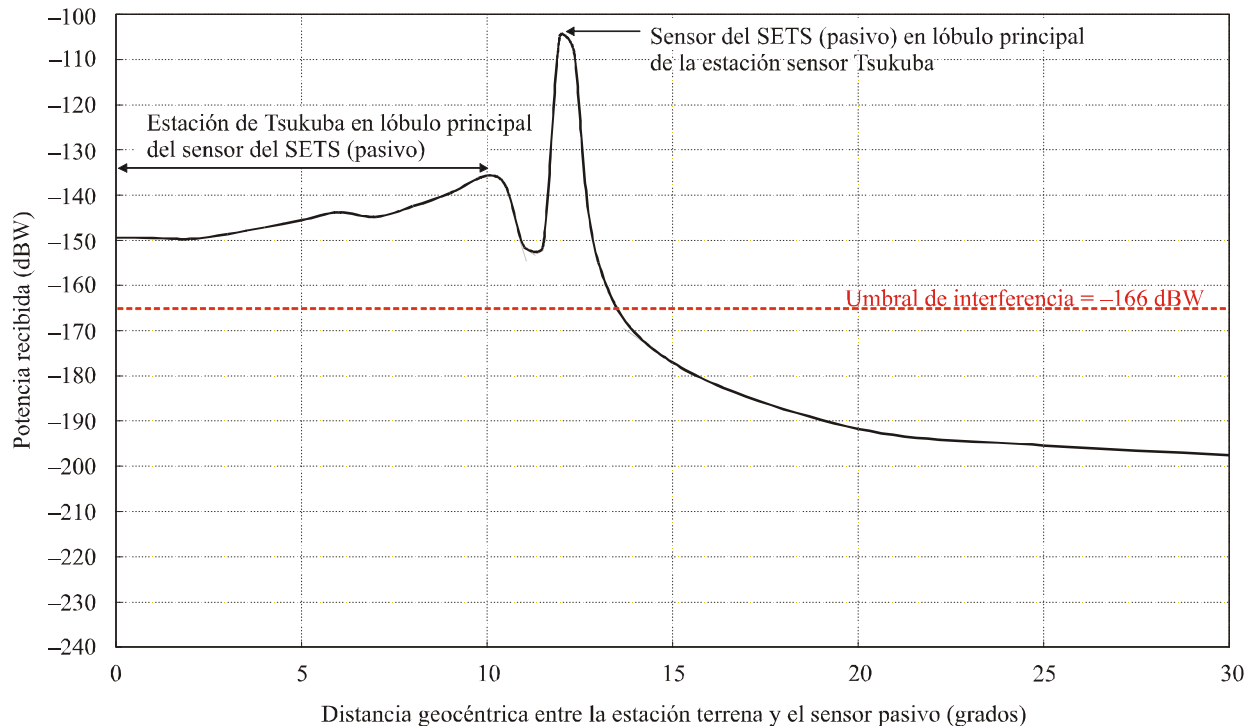
El sensor cruza el lóbulo principal de la antenna de la estación de Tsukuba cuando la distancia geocéntrica entre el sensor y la estación de Tsukuba es de unos 12°. El rebasamiento del umbral de interferencia del sensor de barrido cónico es de 48,7 dB.

8.4.4.2 Sensor del nadir

La antenna no puede apuntar hacia la estación de Tsukuba porque el ángulo con respecto al nadir de la antenna de calibración es de 83°, como se indica en el Cuadro 8-2. Por consiguiente, las antenas del sensor del nadir son más vulnerables que las antenas de calibración. A partir de los diagramas de haz del sensor del nadir de AMSU-A y de barrido transversal, también puede concluirse que los receptores del sensor de barrido transversal reciben más interferencia de la estación de Tsukuba que el sensor AMSU-A. Por consiguiente, se considerará que el sensor de barrido transversal es representativo de la sonda del nadir. El diagrama de antenna de las Figs. 8-2 y 8-3 se utiliza en el análisis para el sensor de barrido transversal. En la Fig. 8-23 se presentan los resultados del análisis semiestático.

FIGURA 8-23

**Potencia recibida por el sensor de barrido transversal
(análisis semiestático)**



Rap 2092-0823

Pueden darse los dos siguientes casos de interferencia:

- a) *Trayecto de interferencia del lóbulo principal del sensor a los lóbulos laterales de la estación terrena*

La estación de Tsukuba se encuentra dentro del diagrama en abanico compuesto de 100° de anchura (transversal a la trayectoria) de la antena de la sonda del nadir, cuando la distancia geocéntrica entre el sensor y la estación de Tsukuba se encuentra entre 0° y 10° . En este caso, el rebasamiento del umbral de interferencia del sensor de barrido transversal es de 30,4 dB.

- b) *Lóbulo principal de la estación terrena a lóbulos laterales de los haces de la antena del sensor*

El sensor atraviesa el lóbulo principal de la antena de la estación de Tsukuba cuando la distancia geocéntrica entre el sensor y la estación de Tsukuba es de unos 12° . El rebasamiento del umbral de interferencia del sensor de barrido transversal es de 61,1 dB.

8.4.4.3 Resultados del análisis semiestático de DRTS

Como se muestra en el Cuadro 8-23, es posible que las emisiones no deseadas de la estación de Tsukuba superen el umbral de interferencia de $-166 \text{ dB(W/200 MHz)}$ del sensor de barrido cónico y del sensor de barrido transversal. Por consiguiente, es necesario realizar un análisis dinámico para verificar el porcentaje de tiempo durante el cual el rebasamiento del nivel de interferencia se ajusta a los criterios.

CUADRO 8-23

Resultados del análisis semiestático de DRTS

	Sensor de barrido transversal	Sensor de barrido cónico
Potencia recibida por el SETS (dBW)	-104,9	-117,3
Umbral de interferencia (dBW)	-166	-166
Rebasamiento del umbral del caso más desfavorable (dB)	61,1	48,7

8.4.4.4 Análisis dinámico de interferencia (sondas del nadir)

Además de los anteriores análisis estáticos y semiestáticos, es necesario realizar un análisis dinámico para considerar el porcentaje de tiempo durante el cual hay interferencia. Como ya se ha dicho, el umbral de los sensores actuales, -160 dBW, y el de los sensores futuros, -166 dBW, no ha de sobrepasarse durante más del 0,01% del tiempo en un anchura de banda de 200 MHz. Se han realizado simulaciones dinámicas con tres configuraciones de SFS distintas.

En los puntos anteriores se llegó a la conclusión de que el sensor más vulnerable es el de barrido transversal. Por consiguiente, se realizó una simulación dinámica para determinar la probabilidad de interferencia en un sensor de barrido transversal durante nueve días a intervalos de 2 s (que es el periodo orbital del satélite de exploración de la Tierra). Este intervalo es suficiente para la simulación, pues 2 s corresponden al 0,000257% de 9 días, que es un porcentaje inferior al umbral del 0,01%. En el Cuadro 8-24 se muestran los resultados de esta simulación dinámica.

CUADRO 8-24

Resultados del análisis dinámico

	Resultados del análisis	Umbral (Recomendación UIT-R RS.1029-2)
Porcentaje del tiempo durante el cual la potencia interferente es superior a -166 dBW (%)	0,0096	0,01

Como se ve en el Cuadro 8-24, el enlace de conexión del sistema DRTS en la banda de 30 GHz se ajusta a los criterios de interferencia del SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz.

8.5 Técnicas de reducción de la interferencia**8.5.1 SETS (pasivo)**

Los sensores pasivos actuales y futuros integran la señal recibida en el satélite y no es posible diferenciar las emisiones naturales de las artificiales. No hay técnicas eficaces para identificar la degradación de las mediciones efectuadas por un sensor pasivo a causa de la interferencia y para reducir la repercusión de tales mediciones degradadas en las predicciones meteorológicas u otros estudios científicos que utilicen esos datos.

8.5.2 SFS

La mayoría de los sistemas del SFS funcionan, o se prevé que funcionen, con filtros antes de la modulación y después de la misma. Todas las estaciones terrenas del SFS utilizan filtros antes de la modulación y se ha presentado información sobre la utilización de filtros después de la modulación

en algunos sistemas del SFS utilizados en los estudios de simulación. Cuando la información no estaba disponible, se utilizaron los modelos genéricos de la metodología del § 2 para determinar cuánta atenuación se aplica a las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda del SETS (pasivo). La separación de 300 MHz entre las bandas del SETS (pasivo) y el SFS aumenta sustancialmente la atenuación de las emisiones no deseadas que se puede conseguir con el filtrado después de la modulación.

8.5.3 Evaluación y utilización de los resultados de la simulación

Al evaluar los resultados de los estudios de simulación, han de tenerse en cuenta otros factores adicionales:

- a) Los haces de la antena del sensor pasivo están polarizados con un alto grado de pureza, mientras que, en ocasiones, la interferencia causada por emisiones no deseadas del SFS suele proceder del lóbulo lateral de la estación, cuya pureza de polarización puede ser menor. Este factor, que reduciría los niveles de interferencia calculados en 1 dB, normalmente no se ha incluido en los cálculos de la interferencia.
- b) Todas las simulaciones calculan la interferencia recibida por el sensor pasivo como potencia media integrada por el radiómetro. Por tanto, el valor de la potencia de transmisión del SFS supuesta en las simulaciones dinámicas ha de interpretarse como el nivel de potencia medio. No obstante, normalmente los límites reglamentarios se especifican en términos de nivel de potencia de cresta, que suele situarse entre 2 y 4 dB por encima del nivel medio de las transmisiones digitales.

Habida cuenta de estos dos factores, los niveles de potencia utilizados para fijar cualquier límite recomendado especificado como potencia de transmisión de cresta en tanto que medida reglamentaria serían equivalentes a aplicar una potencia media entre 3 y 5 dB inferior a dichos niveles de potencia de transmisión admisibles simplemente ajustando el nivel de transmisión de las emisiones no deseadas del SFS en función de la diferencia entre la función de densidad acumulativa al 0,01% obtenida de la simulación dinámica y de los criterios de interferencia de la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

8.5.4 Posibles repercusiones

8.5.4.1 SETS (pasivo)

Si la interferencia supera los niveles admisibles, se corre el riesgo de que las mediciones queden degradadas de manera que afecten a la fiabilidad de las previsiones meteorológicas o de otras aplicaciones científicas que emplean los datos del sensor.

8.5.4.2 SFS

Está previsto que los sistemas del SFS utilicen filtros antes y después de la modulación y, en algunos casos, esos filtros son más eficaces en términos de atenuación de las emisiones no deseadas. Cabe señalar que no se prevé la aplicación de otros filtros o técnicas de reducción de la interferencia, por lo que no se limitará el futuro desarrollo del SFS en esta banda.

8.6 Resultados de los estudios

8.6.1 Resumen

En este punto se evalúa la compatibilidad entre el SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz y el SFS (Tierra-espacio) y el SMS (Tierra-espacio) en la banda 30-31 GHz.

En los dos primeros párrafos se presentan las características del sensor pasivo y del SFS. En el § 8.3 se recuerda el umbral de interferencia definido en la Recomendación UIT-R correspondiente. La evaluación de la interferencia se expone en el § 8.4 y se presentan los resultados de diversas simulaciones dinámicas. Se han considerado tres modelos de simulación dinámica para determinar los niveles esperados de emisiones no deseadas precedentes de los enlaces ascendentes del SFS en la banda 30-31 GHz que afectan al SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz. Estos modelos de simulación observan tanto el actual sensor pasivo AMSU-A como el futuro sensor de barrido transversal. En algunos casos, se han utilizado distintas configuraciones de estación terrena para los mismos sistemas USCSID y USCSID-P del SFS. En el Cuadro 8-25 se resumen los resultados.

Se ha demostrado la compatibilidad en un estudio de los sistemas USCSID y USCSID-P de alta potencia y gran anchura de banda con la configuración de estación terrena especificada por el operador del sistema y con las estaciones terrenas típicas del SFS de banda ancha con los parámetros extraídos de las notificaciones de satélites al UIT-R, teniendo en cuenta una separación de 300 MHz entre las bandas del SFS y el SETS (pasivo). Otras simulaciones de futuros sensores pasivos han concluido que con una limitación de la potencia de emisión proporcionada al puerto de antena de -20 dB(W/200 MHz) en la banda pasiva, para un único sistema del SFS OSG o no OSG, se protegerían los sensores pasivos de las emisiones no deseadas de las estaciones terrenas del SFS que funcionan en la banda 30-31 GHz con una ganancia de antena típica de entre 55 y 70 dBi. Otra simulación efectuada con los sistemas USCSID y USCSID-P, en la que la antena de barrido transversal se configura como haces puntuales estrechos individuales, demostró que se satisfacerían los criterios de la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para esa configuración del SFS y un nivel de potencia de emisión no deseada de $-9,76$ dB(W/200 MHz).

CUADRO 8-25

Resumen de los estudios de simulación

Sensor pasivo	Sistema del SFS	Configuración del enlace ascendente del SFS	Máxima potencia no deseada en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Relación de la potencia de emisión no deseada ⁽¹⁾ (dB)	Factor de reducción de la potencia de emisión no deseada disponible ⁽²⁾ (dB)
Barrido transversal (haz compuesto)	Múltiples OSG sobre América del Norte	18 enlaces ascendentes y 18 OSG	-21	46	32 con la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste, de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal (haz compuesto)	Múltiples OSG sobre Europa	12 enlaces ascendentes y 6 OSG	-20	47	55 con la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste, de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal (haz compuesto)	Múltiples OSG sobre Asia	6 enlaces ascendentes y 6 OSG	-20	64	43 con la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste, de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal (haz compuesto)	USCSID-P no OSG	2 enlaces ascendentes y 8 no OSG	-30	55	32 con la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste, de conformidad con la metodología ⁽³⁾
AMSU	USCSID-P OSG y USCSID-P no OSG	2 OSG y 1 no OSG en las zonas de medición Este y Oeste; 2 OSG en la zona de medición Centro	-5,2 a -7,7	37,3 a 39,8 ⁽²⁾	41,6 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado después de la modulación $A(f)$

CUADRO 8-25 (*Fin*)

Sensor pasivo	Sistema del SFS	Configuración del enlace ascendente del SFS	Máxima potencia no deseada en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Relación de la potencia de emisión no deseada ⁽¹⁾ (dB)	Factor de reducción de la potencia de emisión no deseada disponible ⁽²⁾ (dB)
Barrido transversal (haces individuales)	USCSID-P OSG y USCSID-P no OSG	2 OSG y 1 no OSG en las zonas de medición Este y Oeste; 2 OSG en la zona de medición Centro	−9,5 a −6,5	38,5 a 41,5 ⁽²⁾	41,6 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado después de la modulación $A(f)$
AMSU	16 satélites OSG entre 72° y 132° E	17 ó 18 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos por 2 000 000 km ² de la zona de medición de Asia	−25,5/−27,2/−34 dependiendo del tipo de estación terrena	38/31,6/36,7 dependiendo del tipo de estación terrena ⁽²⁾	62,9/ 59,9/55,4 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado después de la modulación $A(f)$
					30,9/27,9/23,9 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$
AMSU	10 satélites OSG entre 1° W y 35° E	24 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos por 2 000 000 km ² de la zona de medición de Europa	−25,5/−24,2/−23 dependiendo del tipo de estación terrena	38/28,6/25,7 dependiendo del tipo de estación terrena ⁽²⁾	62,9/59,9/55,4 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado después de la modulación $A(f)$
					30,9/27,9/23,9 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$
					30,9/27,9/23,9 con forma espectral $\text{sen}^2 x/x^2$

⁽¹⁾ Relación entre la potencia de transmisión total y la potencia de emisión no deseada en la banda pasiva.

⁽²⁾ Para los estudios del barrido transversal, los valores se derivan de las fórmulas del § 2.3; para los estudios de AMSU, los valores se derivan del Cuadro 8-2.

⁽³⁾ La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable se basa en una combinación de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha determinado que la máscara de la Recomendación UIT-R SM.1541 sobreestima la potencia fuera de banda, aún cuando se combinan la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se prevé que la utilización conjunta de una forma espectral como $(\text{sen } x/x)^2$ y un filtro después de la modulación mejore significativamente la compatibilidad (véanse más detalles en § 2).

Por ejemplo, en esta cláusula se ve que en los estudios del sensor de barrido transversal (haz compuesto) «Múltiples OSG sobre América del Norte» y «USCSID-P no OSG», con una forma espectral como $(\text{sen } x/x)^2$ y un filtro después de la modulación, puede lograrse una atenuación de 41,7 dB, en vez de 32.

8.6.2 Conclusiones

Mediante diversas simulaciones dinámicas se ha llegado a la conclusión de que los actuales sistemas del SFS OSG y no OSG operativos, y los futuros sistemas del SFS OSG de banda ancha operativos en la banda 30-31 GHz son compatibles con el SETS (pasivo) en la banda 31,3-31,5 GHz. La separación de 300 MHz entre los bordes de ambas bandas, además de toda atenuación fuera de banda que proporcionen los componentes de banda limitada en los equipos de enlace ascendente de la estación terrena, como el diplexor, bastan para proteger el SETS (pasivo) sin necesidad de aplicar medidas reglamentarias específicas.

Otros estudios llegan a la conclusión de que, habida cuenta de los resultados de las distintas simulaciones y su correspondiente evaluación de la atenuación, es necesario que los enlaces ascendentes del SFS en la banda 30-31 GHz limiten su nivel de potencia de emisión no deseada en el puerto de antena a −20 dB(W/200 MHz) en la banda 31,3-31,5 GHz para lograr la compatibilidad.

9 **Análisis de compatibilidad entre sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) que funcionan en la banda 31,3-31,5 GHz y sistemas del servicio fijo (SF) que funcionan en la banda 31-31,3 GHz**

9.1 **SETS (pasivo)**

9.1.1 **Banda atribuida**

La banda 31-31,3 GHz está atribuida al SF y es adyacente a la banda 31,3-31,5 GHz atribuida al SETS. Este punto presenta el cálculo de los niveles de emisiones no deseadas de los sistemas del SF que funcionan por debajo de 31,3 GHz y que pueden caer dentro de la banda 31,3-31,5 GHz.

Cabe señalar que, de conformidad con el número 5.340 del RR, están prohibidas todas las emisiones en la banda 31,3-31,5 GHz.

En el siguiente Cuadro 9-1 se presentan todas las atribuciones adyacentes a la banda pasiva 31,3-31,5 GHz.

CUADRO 9-1
Atribuciones en bandas adyacentes

Servicios con atribuciones en la banda inferior	Banda pasiva	Servicios con atribuciones en la banda superior
31-31,3 GHz	31,3-31,5 GHz	31,5-31,8 GHz
FIJO MÓVIL Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (espacio-Tierra) Investigación espacial 5.544	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) RADIOASTRONOMÍA INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) Fijo (Regiones 1 y 3) Móvil salvo móvil aeronáutico (Regiones 1 y 3)

9.1.2 **Aplicación**

Esta banda es una de las que se utilizan para el sondeo atmosférico cerca del nadir junto con otras bandas, como 23,8 GHz y 50,3 GHz, para la caracterización de cada una de las capas de la atmósfera terrestre.

En la banda de 31 GHz, se necesitan 416 MHz de anchura de banda para lograr una precisión de 0,2 K. Esto significa que los usuarios de microondas de servicios pasivos han de proteger tanto la banda 31,3-31,5 GHz como la banda 31,5-31,8 GHz.

Esta banda también se utilizará con la banda 31,5-31,8 GHz como una «ventana dividida», a fin de comparar las mediciones realizadas en las dos subbandas para verificar la calidad de los datos. Esto permitirá entonces utilizar toda la banda cuando se prevea que la calidad es buena para aumentar la sensibilidad del sensor.

9.1.3 **Criterios de protección necesarios**

Recomendación UIT-R RS.515 – Bandas de frecuencias y anchuras de banda utilizadas para la detección pasiva por satélite

Recomendación UIT-R RS.1028 – Criterios de calidad para la teledetección pasiva por satélite

Recomendación UIT-R RS.1029 – Criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite

9.1.4 Características operativas

Para el sistema del SETS se consideran las siguientes características operativas:

- Se supone que el sensor del SETS tiene una antena con una ganancia de cresta de 45 dBi.
- El sensor del SETS apunta en dirección del nadir.
- El tamaño de píxel de un sensor a 850 km de altitud es de 201 km² (16 km de diámetro).

9.2 Servicio fijo

9.2.1 Banda atribuida

Véase el Cuadro 9-1.

9.2.2 Aplicación

Esta banda puede utilizarse para sistemas del SF punto a punto (P-P) y sistemas del SF punto a multipunto (P-MP).

9.2.3 Niveles basados en documentos de la UIT existentes

Las siguientes Recomendaciones UIT-R dan información sobre las emisiones no deseadas de los sistemas del SF:

Recomendación UIT-R F.1191 – Anchuras de banda y emisiones no deseadas de los sistemas digitales del servicio fijo

Recomendación UIT-R SM.329 – Emisiones no deseadas en el dominio no esencial

Recomendación UIT-R SM.1541 – Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda

9.2.4 Características del transmisor

Se supone que los sistemas del SF P-P y P-MP tienen las siguientes características.

CUADRO 9-2

Características de los sistemas P-P (Recomendación UIT-R F.758)*

Separación de canales (MHz)	56	3,5
Ganancia de antena (máxima) (dBi)	45	45
Pérdida en el alimentador/multiplexor (mínima) (dB)	0	0
Tipo de antena	Parabólica	Parabólica
Máxima potencia de salida del transmisor (dBW)	0	0
p.i.r.e. (máxima) (dBW)	45	45

* Dado que la Recomendación UIT-R F.758 no facilita información alguna sobre los sistemas P-P que se han de implantar en esta banda, estos parámetros se basan en los de los sistemas de la banda 37-39,5 GHz, con la ganancia de antena correspondiente.

CUADRO 9-3

Características de los sistemas P-MP
(Recomendación UIT-R F.758)

Separación de canales (MHz)	50	2,5
Sentido de transmisión	Central a terminal remoto	Terminal remoto a central
Ganancia de antena (máxima) (dBi)	15	36
Pérdidas en el alimentador/multiplexor (mínima) (dB)	0	0
Tipo de antena	Bocina, $15^\circ \times 90^\circ$	Parabólica, $2^\circ \times 2^\circ$
Máxima potencia de salida del transmisor (dBW)	10	4
p.i.r.e. (máxima) (dBW)	25	40

9.2.5 Características de funcionamiento

9.2.5.1 características de funcionamiento P-MP

Se propone utilizar como primer paso una densidad de terminales de 1 terminal por km^2 ⁵.

9.2.5.2 características de funcionamiento P-MP

Se propone utilizar como primer paso una densidad de terminales de 0,3 terminales por km^2 ⁵.

Reutilización de frecuencias: Suele emplearse una reutilización de frecuencias de 2, que es lo que se considera como caso típico. Se considerará caso más desfavorable un factor de reutilización de frecuencias de 1, que se da muy pocas veces.

Antena de sector: la anchura típica de la antena de sector es 90° . En algunos casos, se prevé la utilización de antenas de sector de 45° , cuando haya de transportarse desde una estación una gran cantidad de tráfico.

En función de estos supuestos, una central de una célula P-MP podrá dar normalmente servicio a dos abonados cocanal dentro de una determinada célula.

9.2.6 Potencia de transmisión en banda

Véanse los Cuadros 9-2 y 9-3.

9.3 Umbral de compatibilidad (si procede)

El criterio de protección del sensor pasivo es de -163 dBW en una anchura de banda de 100 MHz (que no habrá de superarse durante más del 0,01% del tiempo, de conformidad con la Recomendación UIT-R RS.1029).

La interferencia puede recibirse de varias fuentes de múltiples servicios simultáneamente. Los valores recogidos en la Recomendación UIT-R RS.1029 (para una banda específica) representan el máximo nivel de interferencia admisible para el sensor pasivo.

⁵ Cabe señalar que estas cifras representan el caso más desfavorable y que habrán de detallarse para obtener un número de sistemas del SF que se ajuste a la realidad en cada una de las bandas consideradas.

En este punto se presenta un análisis de la interferencia generada por un solo servicio activo.

Es necesario seguir estudiando la repercusión de múltiples servicios activos que funcionan en las bandas por encima y por debajo de la banda pasiva.

9.4 Evaluación de la interferencia

9.4.1 Método utilizado para evaluar el nivel de interferencia

El primer paso consiste en calcular la potencia aceptable resultante de señales emitidas por sistemas del SF que puedan caer dentro de un píxel del SETS.

$$\text{Potencia combinada en la Tierra en 100 MHz} = \text{criterio de protección del SETS (dB(W/100 MHz))} - \text{ganancia del SETS} + \text{pérdida en el espacio libre}$$

A continuación se puede obtener el nivel de emisiones no deseadas por sistema del SF que caen dentro de la anchura de banda de referencia de 100 MHz del SETS:

$$\text{Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))} = \text{potencia combinada en la Tierra en 100 MHz} - \text{número de transmisores (en píxel del SETS)} - \text{ganancia del SF en dirección del SETS}$$

9.4.2 Cálculo

En los sistemas P-P, se empleó la Recomendación UIT-R F.1245 para calcular la ganancia de antena en dirección del cénit. Se ha supuesto que la densidad de terminales que funcionan en la misma frecuencia es de un terminal por km².

En las estaciones terminales P-MP, se utilizó la Recomendación UIT-R F.1245 para obtener la ganancia de la antena en dirección del cénit. En el caso de las estaciones centrales P-MP, se aplicó la Recomendación UIT-R F.1336 para determinar la ganancia de la antena en dirección del cénit. Se ha supuesto que la densidad de estaciones centrales que funcionan en la misma frecuencia es de 0,3 terminales por km². En el mismo emplazamiento, dos estaciones centrales pueden utilizar la misma frecuencia, siempre que la antena de sector sea de 90°. Por consiguiente, en la misma célula, dos estaciones terminales pueden utilizar la misma frecuencia.

CUADRO 9-4

Nivel de emisiones no deseadas admisibles por sistemas P-P del SF en la banda del SETS

Frecuencia (GHz)	31,3
Criterio de interferencia (dB(W/100 MHz))	-163
Altitud (km)	850
Anchura de banda de referencia (MHz)	100
Ganancia del SETS	45
Pérdida en el espacio libre	181
Potencia combinada en la Tierra (dB(W/100 MHz))	-27
Potencia combinada en la Tierra (dB(W/MHz))	-47,1

CUADRO 9-4 (*Fin*)

<i>Tipo de estación</i>	Central	Terminal
Separación de canales (MHz)	56	3,5
Ganancia de antena del SF	45	45
Ganancia del SF en dirección del SETS	-12,3	-12,3
Potencia combinada (dB(W/MHz))	-34,8	-34,8
Densidad de sistemas por km ²	1,0	1,0
Tamaño del píxel (km ²)	201	201
Número de transmisores	201	201
Potencia por transmisor (dB(W/MHz))	-57,8	-57,8
Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))	-37,8	-37,8

CUADRO 9-5

**Nivel de emisiones no deseadas admisible por sistemas P-MP
del SF en la banda del SETS**

Frecuencia (GHz)	31,3	
Criterio de interferencia (dB(W/100 MHz))	-163	
Altitud (km)	850	
Anchura de banda de referencia (MHz)	100	
Ganancia del SETS	45	
Pérdida en el espacio libre	181	
Potencia combinada en la Tierra (dB(W/100 MHz))	-27	
Potencia combinada en la Tierra (dB(W/MHz))	-47,1	
<i>Tipo de estación</i>	Central	Terminal
Separación de canales (MHz)	50	2,5
Ganancia de antena del SF	15	36
Ganancia del SF en dirección del SETS	-11,6	-10,1
Potencia combinada (dB(W/MHz))	-35,5	-37,0
Densidad de sistemas por km ²	0,6	0,6
Tamaño del píxel (km ²)	201	201
Número de transmisores	121	121
Potencia por transmisor (dB(W/MHz))	-56,3	-57,8
Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))	-36,3	-37,8

9.4.3 Valores obtenidos

9.4.3.1 Nivel de emisiones no deseadas conforme a las Recomendaciones UIT-R

En primer lugar, sólo se tienen en cuenta las emisiones no deseadas en el dominio no esencial (si la banda de guarda es más ancha que el dominio de emisión no deseada). A continuación, se utilizan los niveles de atenuación del Apéndice 3 del RR y de la Recomendación UIT-R SM.329 para

calcular los niveles de emisiones no deseadas del SF en el dominio de emisiones no esenciales (desplazamiento superior al 250% de la anchura de banda necesaria o de la separación de canal en comparación con la frecuencia central de la señal del SF). En el caso de los sistemas del SF, la atenuación especificada en el Apéndice 3 del RR ha de ser, en dBc, el valor mínimo entre 70 dBc y $(43 + 10 \log (P))$.

A partir de este primer paso, para un sistema que funciona con una potencia de salida de 0 dBW y una separación de canales de 56 MHz (véase el Cuadro 9-1).

El límite de emisiones no esenciales es:

$$P \text{ (dBW)} - (43 + P) \quad \text{dB en una anchura de banda de referencia de 1 MHz}$$

En el Cuadro 9-6 se presenta el nivel de emisiones no deseadas que pueden caer en una anchura de banda de referencia de 100 MHz.

CUADRO 6

**Cálculo del nivel de emisiones no deseadas que pueden caer
en una anchura de banda de referencia de 100 MHz**

Sistema del SF	Nivel de emisiones no esenciales por 1 MHz (dBW)	Nivel de emisiones no esenciales por 100 MHz (dBW)
P-P 56 MHz (Cuadro 9-2)	-43	-23
P-P 3,5 MHz (Cuadro 9-2)	-43	-23
P-MP 50 MHz (Cuadro 9-3)	-43	-23
P-MP 2,5 MHz (Cuadro 9-3)	-43	-23

Este primer paso lleva a la conclusión de que, incluso cuando sólo se consideran las emisiones no deseadas en el dominio no esencial, no se cumplen los criterios de protección del SETS.

9.4.3.2 Perfeccionamiento de los cálculos

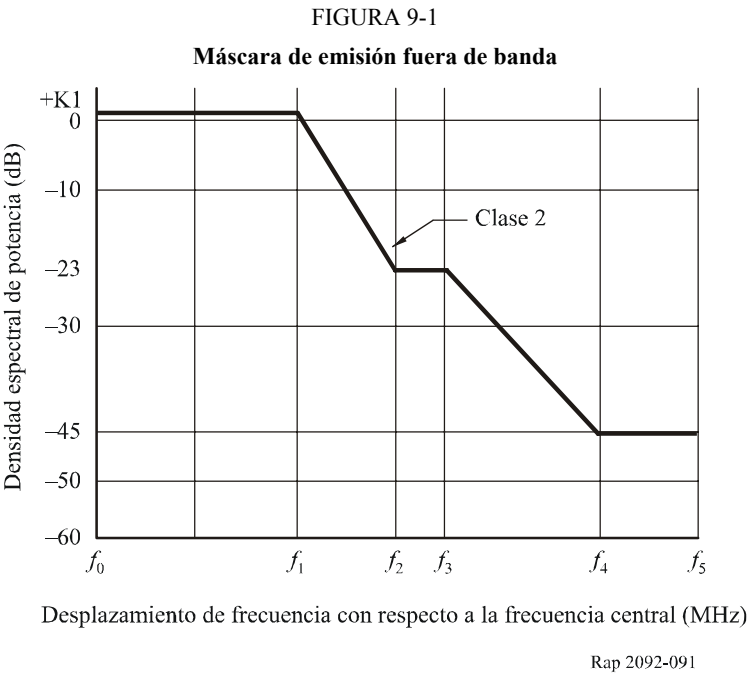
Dado que la primera parte del cálculo ha demostrado que no se cumplen los criterios de interferencia del SETS, en la mejora del cálculo se tendrá en cuenta las características de los sistemas emisiones no deseadas que se utilizarán en esta banda. En concreto, en los siguientes puntos se detallan las características de los sistemas comunicadas por el Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones (ETSI). Este método, que se describe a continuación, fue utilizado por la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) para determinar la banda de guarda necesaria de modo que las emisiones no deseadas de los sistemas del SF que caen en la banda del SETS cumplan los criterios de interferencia del SETS del § 9.4.2 ($-37,8 \text{ dB(W/100 MHz)}$). Estos resultados se han tenido en cuenta para establecer la configuración de canales de los sistemas del SF que funcionan en la banda 31-31,3 GHz.

9.4.3.2.1 Sistemas del SF P-P

9.4.3.2.1.1 Máscara de emisiones no deseadas de los sistemas P-P

Para estos análisis, se considera que la máscara de emisiones no deseadas de la Norma EN 300 197 del ETSI proporciona la máscara de emisiones no deseadas para sistemas de radiocomunicaciones fijos, equipos P-P, y parámetros de sistemas de radiocomunicaciones para la transmisión de señales digitales a 32 GHz y 38 GHz.

En el análisis se considera el caso más desfavorable de las máscaras de emisiones no deseadas de la norma EN 300 197 del ETSI, lo que lleva a considerar las siguientes máscaras (véase la Fig. 9-1).



NOTA 1 – El nivel de 0 dB que se muestra en la máscara de espectro se refiere a la densidad espectral de potencia de la frecuencia central nominal, sin tener en cuenta la portadora residual.

En el Cuadro 9-7 se dan los valores de f_i que dependen de la separación de canales y que puede ir de 3,5 MHz a 56 MHz, de acuerdo con la Norma EN 300 197.

CUADRO 9-7
Puntos de inflexión de la máscara de emisiones no deseadas

Separación de canales (MHz)	K1 (dB)	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)	f_5 (MHz)
3,5	+1	1,3	2	2,3	4,3	8,75
7	+1	2,8	5,6	7	14	17,5
14	+1	5,6	11,2	14	28	35
28	+1	11	19	25	45	70
56	+1	18	32	40	70	140

9.4.3.2.1.2 Nivel de emisiones no esenciales para los sistemas P-P

En la Recomendación UIT-R SM.329 se presentan los niveles de emisiones no esenciales y en este análisis se tienen en cuenta los niveles adoptados en Europa y que también utilizan otros países (niveles de Categoría B).

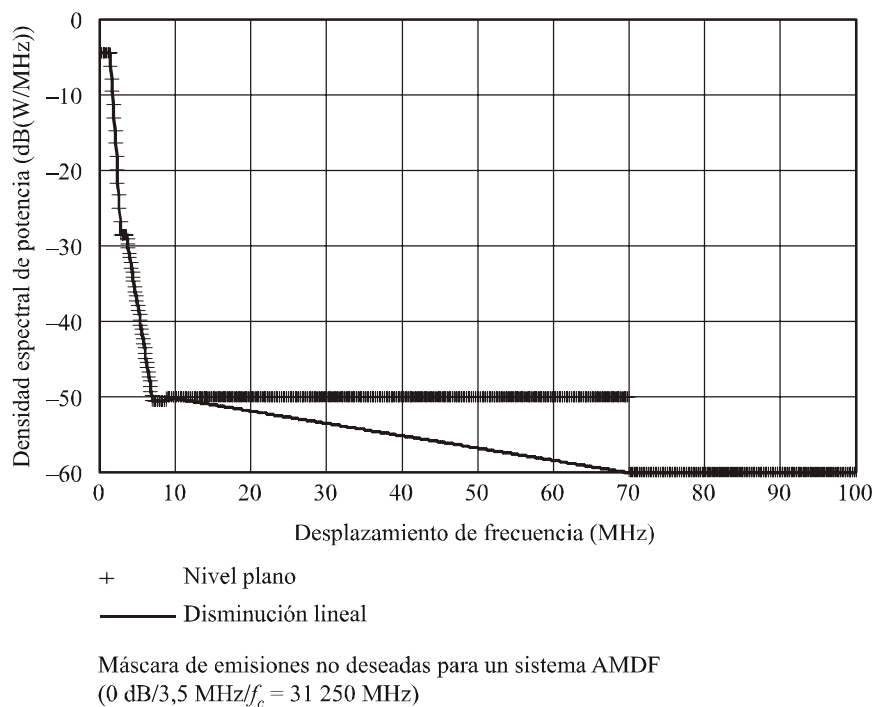
Para los sistemas P-P con separación de canales, C_s , superior a 10 MHz, el límite de emisiones no esenciales es de -60 dB(W/MHz).

En el caso de los sistemas P-P con una C_s inferior a 10 MHz, hay que realizar una operación antes de alcanzar el valor de -60 dB(W/MHz). Desde un desplazamiento de $2,5 \times C_s$ con respecto a la frecuencia central hasta un desplazamiento de 70 MHz, el límite es igual a -50 dB(W/MHz) (o -60 dBW en una anchura de banda de referencia de 100 kHz).

Para los sistemas P-P con una C_s inferior a 10 MHz, a fin de obtener resultados más realistas, se ha supuesto que hay una disminución lineal entre el punto -50 dB(W/MHz) en la máscara y el punto correspondiente al nivel -60 dB(W/MHz).

La Fig. 9-2 representa un ejemplo de máscara de emisiones no deseadas de un sistema con una C_s de 3,5 MHz.

FIGURA 9-2
Nivel de emisiones no deseadas de un sistema con separación de canales de 3,5 MHz



Rap 2092-092

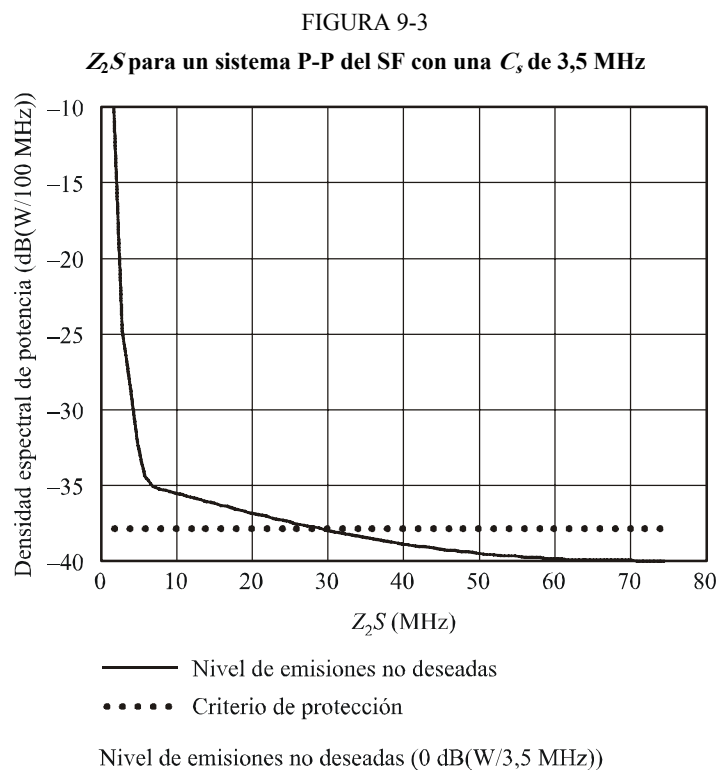
9.4.3.2.1.3 Resultados de los cálculos para los sistemas P-P

En los siguientes puntos se presentan los niveles de emisiones no deseadas que puede recibir un sistema del SETS en una anchura de banda de referencia de 100 MHz, en función de la banda de guarda.

Cabe señalar que en las normas ETSI se estipula una máxima potencia de salida de 0 dBW para los sistemas P-P que utilizan esta banda.

9.4.3.2.1.3.1 Sistemas P-P con separación de canales de 3,5 MHz

En la Fig. 9-3 se presentan los resultados del cálculo realizado para un sistema P-P con una C_s de 3,5 MHz.



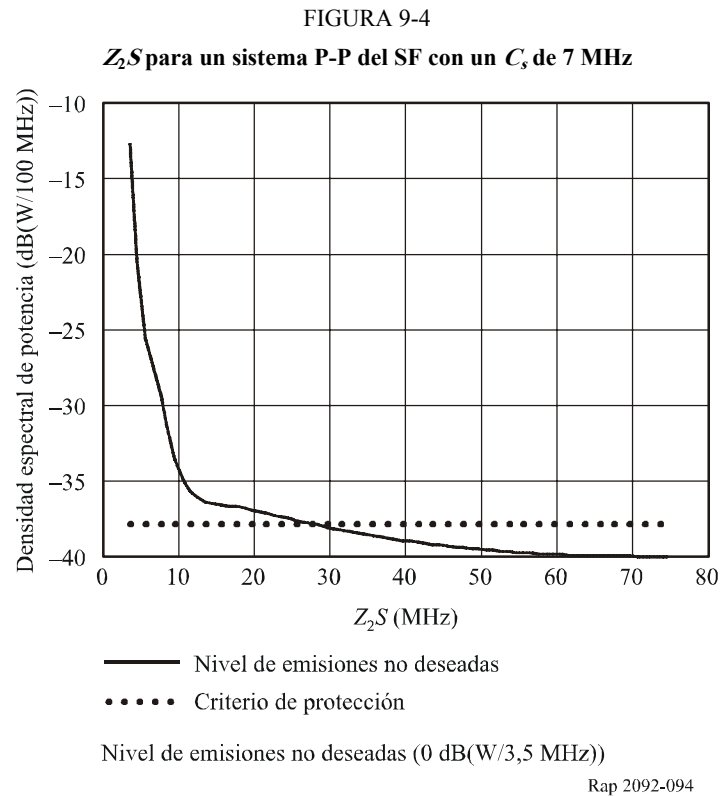
Rap 2092-093

El término Z_2S , se define en la Recomendación UIT-R F.746 como la separación superior entre la frecuencia central del último canal y el borde superior de la banda. Esto da como resultado una banda de guarda de $28,75 - 3,5/2 = 27$ MHz, suponiendo que hay una disminución lineal entre el punto de -50 dB(W/MHz) de la máscara y el correspondiente punto de -60 dB(W/MHz).

En este caso, la banda de guarda es más grande que el dominio de emisiones no deseadas, por lo que sólo caerán en la banda del SETS las emisiones no esenciales.

9.4.3.2.1.3.2 Sistemas P-P con separación de canales de 7 MHz

En la Fig. 9-4 se presentan los resultados del cálculo realizado para un sistema P-P con una C_s de 7 MHz.



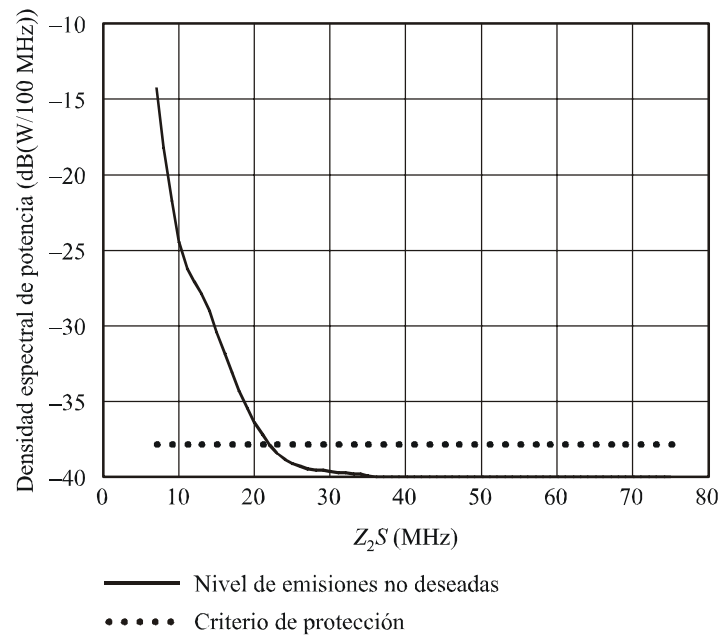
El término Z_2S , se define en la Recomendación UIT-R F.746 como la separación superior entre la frecuencia central del último canal y el borde superior de la banda. Esto da como resultado una banda de guarda de $27,5 - 7/2 = 24$ MHz, suponiendo que hay una disminución lineal entre el punto de -50 dB(W/MHz) de la máscara y el correspondiente punto de -60 dB(W/MHz).

En este caso, la banda de guarda es más grande que el dominio de emisiones no deseadas, por lo que sólo caerán en la banda del SETS las emisiones no esenciales.

9.4.3.2.1.3.3 Sistemas P-P con separación de canales de 14 MHz

Como la separación de canales es superior a 10 MHz, no es necesario tener en cuenta las emisiones no esenciales como en los casos anteriores. En la Fig. 9-5 se presentan los resultados del cálculo realizado para un sistema P-P con una C_s de 14 MHz.

FIGURA 9-5

 Z_2S para un sistema P-P del SF a 0 dBW y una C_s de 14 MHz

Nivel de emisiones no deseadas (0 dB(W/14 MHz))

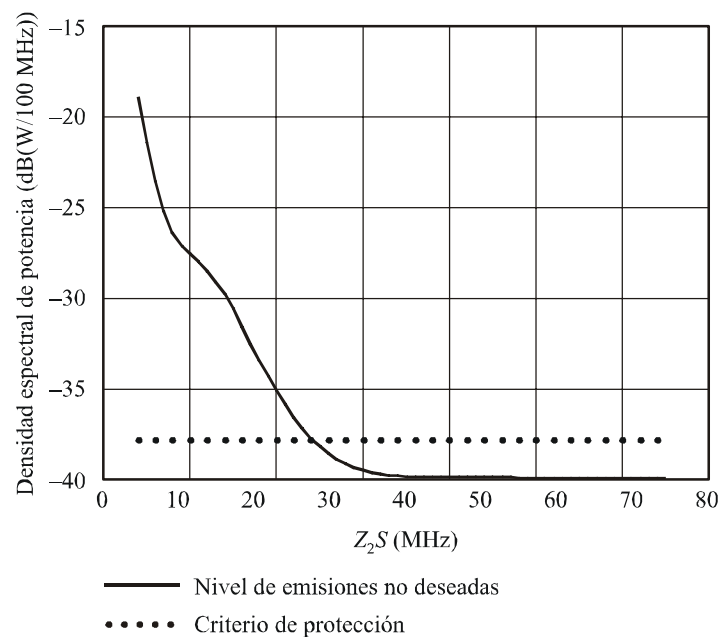
Rap 2092-095

Esto da como resultado una banda de guarda de $22 - 14/2 = 15$ MHz.

9.4.3.2.1.3.4 Sistemas P-P con separación de canales de 28 MHz

En la Fig. 9-6 se presentan los resultados del cálculo realizado para un sistema P-P con una C_s de 28 MHz.

FIGURA 9-6

 Z_2S para un sistema P-P del SF a 0 dBW y una C_s de 28 MHz

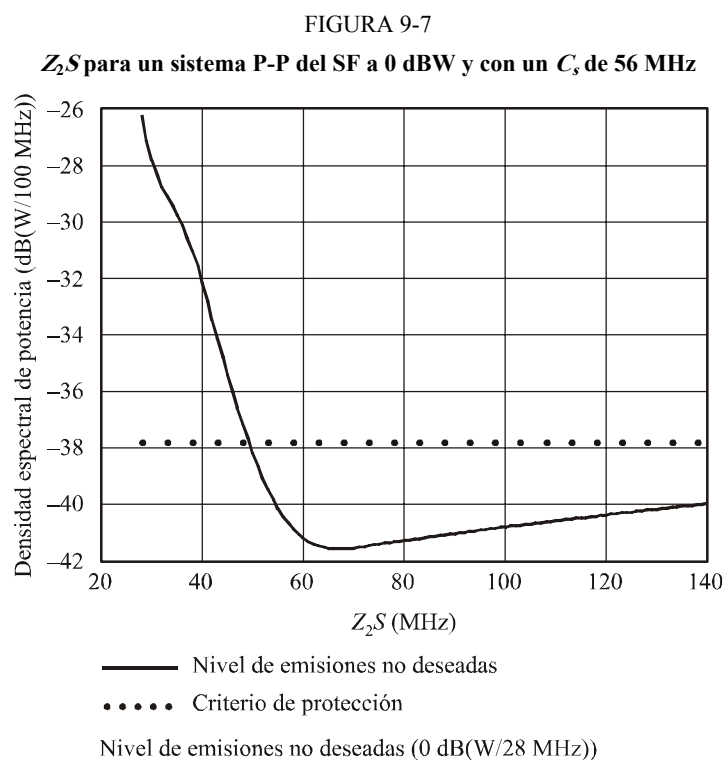
Nivel de emisiones no deseadas (0 dB(W/14 MHz))

Rap 2092-096

Esto da como resultado una banda de guarda de $34 - 28/2 = 20$ MHz.

9.4.3.2.1.3.5 Sistemas P-P con separación de canales de 56 MHz

En la Fig. 9-7 se presentan los resultados del cálculo realizado para un sistema P-P con una C_s de 56 MHz.



Rap 2092-097

Esto da como resultado una banda de guarda de $49 - 56/2 = 21$ MHz.

9.4.3.2.1.3.6 Resumen de los resultados para los sistemas P-P

En el Cuadro 9-8 se presenta un resumen de los resultados calculados para los sistemas P-P con una C_s entre 3,5 MHz y 56 MHz.

CUADRO 9-8

Banda de guarda en función de C_s

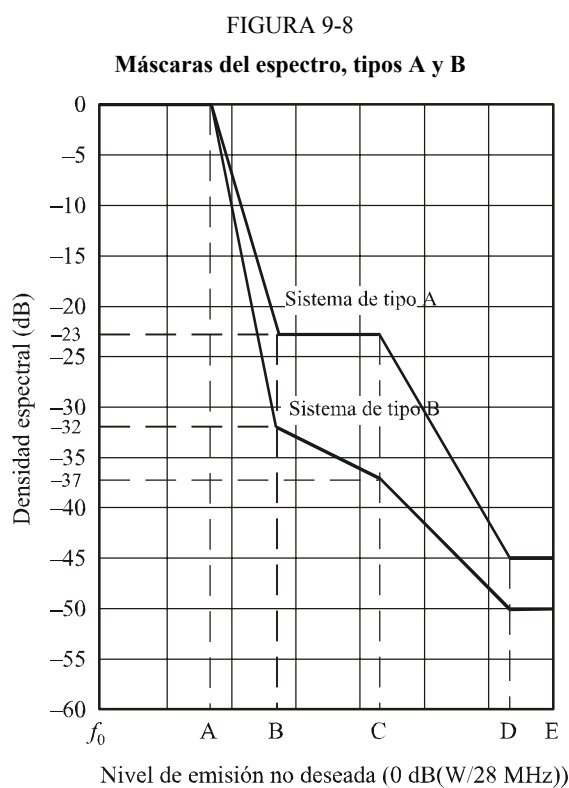
Separación de canales (MHz)	Z_2S (MHz)	Banda de guarda (MHz)
3,5	28,75	27
7	27,5	24
14	22	15
28	34	20
56	49	21

9.4.3.2.2 Sistemas del SF P-MP

Cabe señalar que el nivel aceptable de emisiones no deseadas por sistema del SF P-MP que se obtiene en el caso de una estación terminal (véase el Cuadro 9-6) es igual al nivel aceptable de emisiones no deseadas por sistema del SF P-P (véase el Cuadro 9-5).

9.4.3.2.2.1 Máscaras de emisiones no deseadas para sistemas P-MP

A los efectos del presente análisis, se consideran las máscaras de emisiones no deseadas especificadas en la norma ETSI, que proporciona información sobre los sistemas de radiocomunicaciones fijos, los equipos multipunto y los sistemas de radiocomunicaciones digitales multipunto que funcionan en la gama de frecuencias de 31 GHz a 33,4 GHz (32 GHz). El primer paso del análisis consiste en determinar las máscaras de emisiones no deseadas correspondientes al caso más desfavorable, lo que lleva a considerar los siguientes casos que se ilustran en la Fig. 9-8.



Rap 2092-098

En el Cuadro 9-9 se indican los correspondientes puntos de inflexión para los sistemas de tipo A, dependiendo de la C_s , que se podría extender desde 3,5 MHz a 112 MHz, de conformidad con la norma ETSI.

CUADRO 9-9

Puntos de inflexión de la máscara de emisiones no deseadas

Puntos de separación de canales copolares de la Fig. 9-8 (MHz)	Punto A 0 dB (MHz)	Punto B -23 dB (MHz)	Punto C -23 dB (MHz)	Punto D -45 dB (MHz)	Punto E -45 dB (MHz)
3,5	1,5	2,8	3,7	7	8,75
7	2,8	5,6	7	14	17,5
14	5,6	11,2	14	28	35
28	11,2	22,4	28	56	70
56	22,5	45	56	112	140
112	45	90	112	224	280

Cabe señalar que estas máscaras se aplican tanto a las estaciones terminales como a las estaciones de base.

9.4.3.2.2.2 Niveles de emisiones no esenciales para sistemas P-MP

La norma EN 301 390 contiene los niveles de emisiones no esenciales para los sistemas P-P (iguales a los indicados en la Recomendación UIT-R SM.329 en la Categoría B) y los sistemas P-MP.

Los Cuadros 9-10 y 9-11 permiten efectuar una comparación entre los límites, dependiendo del tipo de sistema.

CUADRO 9-10

Límites de emisiones no esenciales en el caso de sistemas que utilizan un valor de C_s inferior a 10 MHz

Desplazamiento de frecuencia	$2,5 \times C_s - 56$ MHz	56-70 MHz	70-112 MHz	> 112 MHz
Límite P-P (Categoría B) (dB(W/MHz))	-50	-50	-60	-60
Límite P-MP (EN 301 390) (dB(W/MHz))	-50	-60	-60	-70

CUADRO 9-11

**Límites de emisiones no esenciales en el caso de sistemas
que utilizan un valor de C_s superior a 10 MHz**

Desplazamiento de frecuencia	$2,5 \times C_s - \text{máx (112 MHz; } 4,5 \times C_s)$	$> \text{máx (112 MHz; } 4,5 \times C_s)$
Límite P-P (Categoría B) (dB(W/MHz))	-60	-60
Límite P-MP (EN 301 390) (dB(W/MHz))	-60	-70

9.4.3.2.2.3 Resultados de los cálculos para los sistemas P-MP

Se utiliza el mismo método que para los sistemas P-P.

9.4.3.2.2.3.1 Sistemas P-MP con separación de canales de 3,5 MHz y 7 MHz

De conformidad con los cálculos efectuados en el § 9.4.3.2.1.3.1, sólo las emisiones no esenciales caerán en la banda del SETS (la banda de guarda calculada para los sistemas P-P es mayor que el dominio de emisiones no deseadas).

Dado que:

- el nivel aceptable de emisiones no deseadas que se obtiene en el caso de los sistemas P-MP (véase el Cuadro 9-6) es igual al nivel aceptable de emisiones no deseadas que se consideró en los análisis de los sistemas P-P (véase el Cuadro 9-5);
- los límites de las emisiones no esenciales para los sistemas P-MP son más estrictos que los correspondientes a los sistemas P-P,

se puede llegar directamente a la conclusión de que la banda de guarda calculada para los sistemas P-P abarcará también el caso de los sistemas P-MP.

9.4.3.2.2.3.2 Sistemas P-MP con separación de canales de 14 MHz

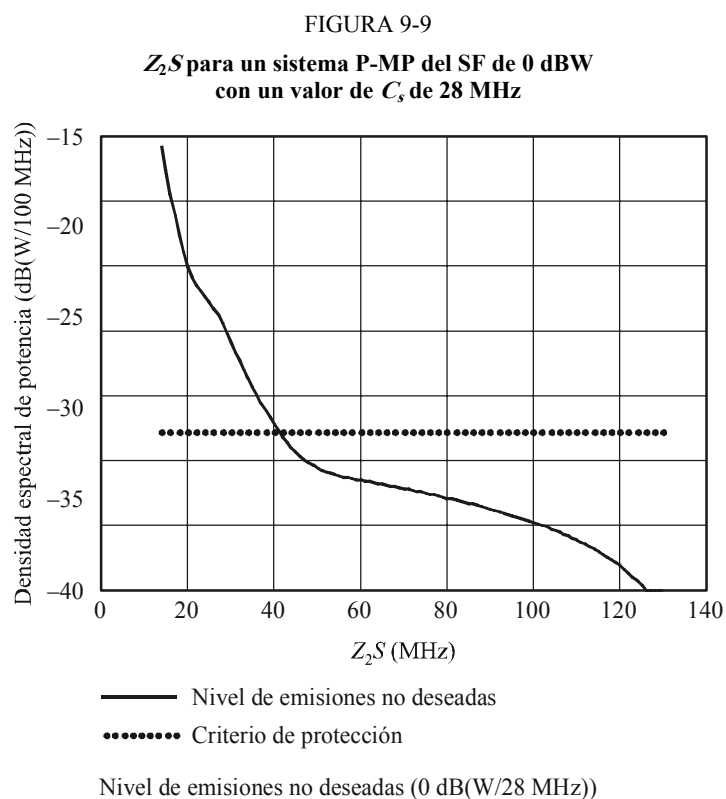
Teniendo en cuenta que:

- la máscara de emisiones no deseadas para los sistemas P-P y P-MP es igual (véanse los Cuadros 9-7 y 9-9);
- el nivel aceptable de emisiones no deseadas que se obtiene en el caso de los sistemas P-MP (véase el Cuadro 9-6) es igual al nivel aceptable de emisiones no deseadas que se consideró en los análisis de los sistemas P-P (véase el Cuadro 9-5),

se puede llegar directamente a la conclusión de que la banda de guarda que se calculó para los sistemas P-P abarcará también el caso de los sistemas P-MP con separación de canales de 14 MHz.

9.4.3.2.3.3 Sistemas P-MP con separación de canales de 28 MHz

En la Fig. 9-9 se indican los resultados de los cálculos para un sistema P-MP con un valor de C_s de 28 MHz.

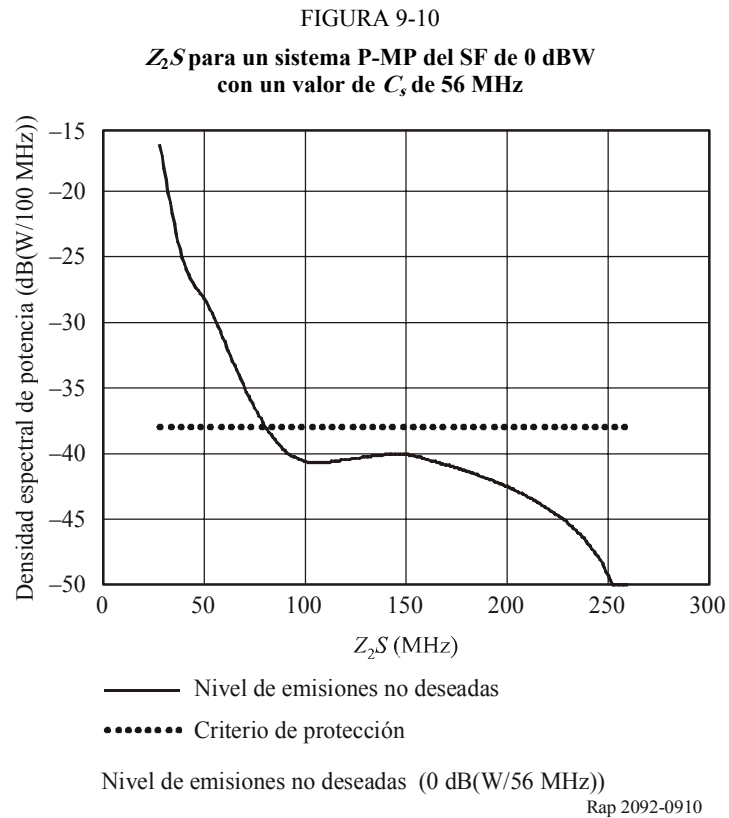


Rap 2092-099

En la Recomendación UIT-R F.746 se define el término Z_2S , como la separación superior entre la frecuencia central del último canal y el borde superior de la banda. Esto da como resultado una banda de guarda de $41 - 28/2 = 27$ MHz.

9.4.3.2.3.4 Sistemas P-MP con un valor de C_s de 56 MHz

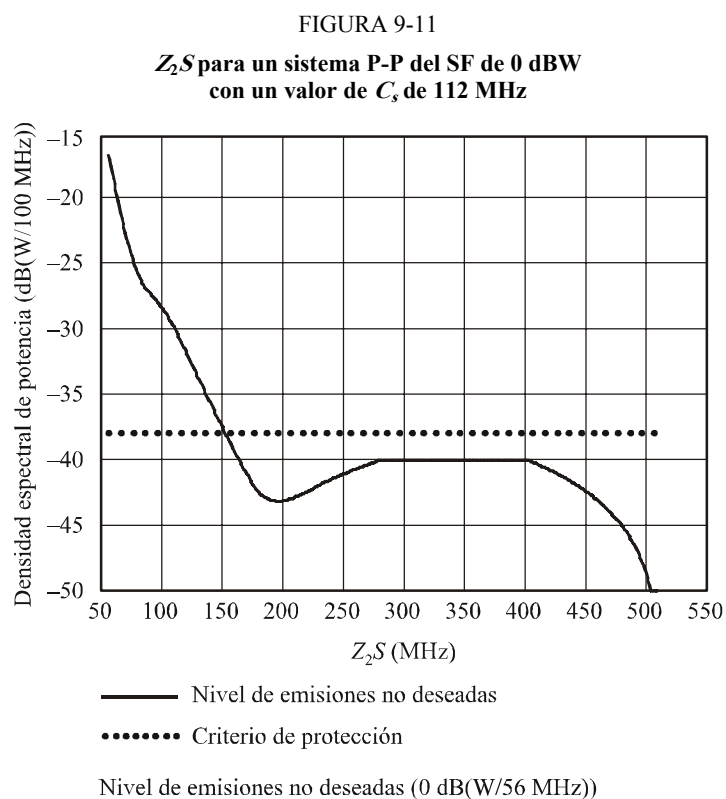
En la Fig. 9-10 se indican los resultados de los cálculos para un sistema P-MP con un valor de C_s de 56 MHz.



Esto da origen, para una potencia de salida de 0 dBW, a una banda de guarda de $80 - 56/2 = 52$ MHz.

9.4.3.2.3.5 Sistemas P-MP con un valor de C_s de 112 MHz

En la Fig. 9-11 se indican los resultados de los cálculos para un sistema P-MP con un valor de C_s de 112 MHz.



Rap 2092-0911

Esto da lugar, para una potencia de salida de 0 dBW, a una banda de guarda de $152 - 112/2 = 96$ MHz.

9.4.3.3 Resumen y conclusiones sobre los sistemas P-P y P-MP

El Cuadro 9-12 contiene un resumen de los resultados calculados para los sistemas P-P y P-MP que utilizan un valor de C_s de 3,5 MHz a 112 MHz (con inclusión de los resultados indicados en el Cuadro 9-8).

CUADRO 9-12

Banda de guarda dependiendo del valor de C_s

C_s (MHz)	Z_2S (MHz)	Banda de guarda (MHz)
3,5	28,75	27
7	27,5	24
14	22	15
28	41	27
56	80	52
112	152	96

En la disposición de canales indicada en el Anexo 8 a la Recomendación UIT-R F.746 no se incluyen los planes de separación de canales de 56 MHz y 112 MHz debido al número limitado de canales que éstos permitirían. Concretamente, sólo sería posible un canal dúplex por división de frecuencia (DDF) para una separación de 56 MHz y un canal dúplex por división en el tiempo (DDT) para un valor de C_s de 112 MHz. En la disposición de canales del Anexo 8 a la Recomendación UIT-R F.746 se incluye una banda de guarda de 31 MHz en la parte superior de la banda 31-31,3 GHz.

Cabe señalar que, dado que la banda de guarda indicada en el Anexo 8 a la Recomendación UIT-R F.746 es mayor que la mínima requerida para una separación de canales de 3,5, 7, 14 y 28 MHz, se obtiene un margen adicional en comparación con la potencia aceptable indicada en los Cuadros 9-4 y 9-5.

9.4.4 Simulación dinámica

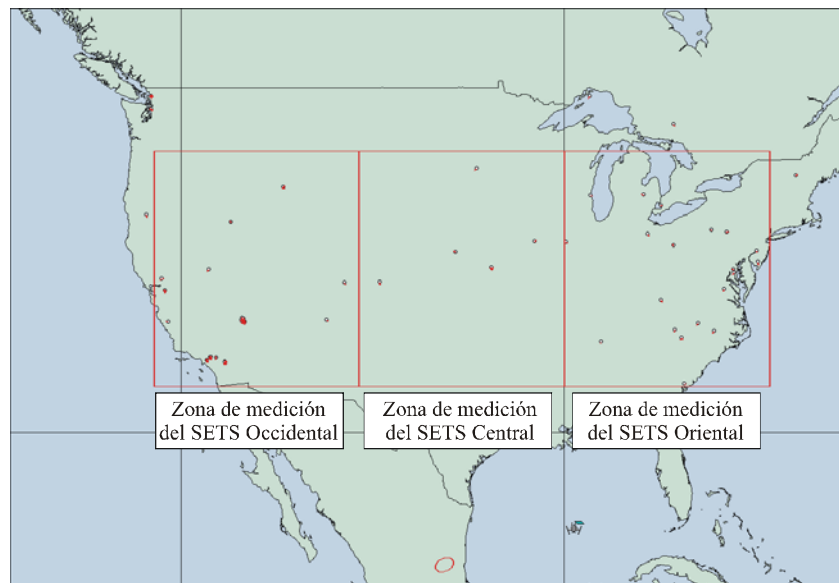
Se recopilaron los datos disponibles públicamente sobre las estaciones titulares de una licencia de una administración en un formato que permitió construir un modelo de simulación dinámico en el cual los modelos de estaciones de simulación tenían las mismas características que las estaciones con licencia en cuanto a ubicación, potencias, frecuencias y acimuts de puntería de la antena. Todas las estaciones actualmente titulares de licencias en la banda de 31-31,3 GHz son estaciones P-P con enlaces entre estaciones especificadas, o bien estaciones fijas temporales con características similares a los enlaces P-P titulares de licencias. En la Fig. 9-12 se ilustra este despliegue de estaciones transmisoras del SF, así como tres zonas de medición de los sensores pasivos que cubren la administración sobre la que se obtuvieron las estadísticas de interferencia a partir del modelo de simulación. Los puntos individuales representan las 222 asignaciones de frecuencias a las estaciones del SF incluidas en la base de datos sobre estaciones con licencia en esa banda. Los parámetros de estas estaciones se utilizan para definir el modelo de simulación, con inclusión de las coordenadas geográficas, los acimuts de puntería, las potencias de transmisión, las máximas ganancias de antena y las anchuras de haz a 3 dB para 222 asignaciones de frecuencias en la base de datos sobre licencias de la administración. En las simulaciones se utilizó un diagrama de antena de referencia del SF basado en la Recomendación UIT-R F.1245-1 con una ganancia del haz principal de 38,1 dBi y una anchura de haz de 2,4°, dado que todas las inscripciones en el Cuadro indicaban ganancias del haz principal separadas como máximo $\pm 0,1$ dB de dicho valor. Se calculó la potencia de las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda 31,3-31,5 GHz del SETS (pasivo) para cada una de las estaciones, mediante la integración de la máscara de emisión especificada en las reglamentaciones de la administración sobre la base de la frecuencia asignada y la anchura de banda necesaria de la asignación de frecuencia objeto de licencia. En algunos casos, en particular los relacionados con instalaciones fijas temporales, se asignaron de manera aleatoria los emplazamientos, los acimuts y las frecuencias.

En la Fig. 9-13 se representa una hipótesis de crecimiento futuro con diez veces más estaciones del SF de las que actualmente poseen licencia. El modelo de crecimiento futuro se creó ubicando aleatoriamente otras nueve estaciones del SF situadas a menos de $\pm 1^\circ$ de latitud y menos de $\pm 1,25^\circ$ de longitud de cada una de las estaciones titulares de licencia, con una frecuencia asignada y un acimut aleatorios. Se emplearon distribuciones uniformes para cada uno de esos valores aleatorios.

Conforme a dicho modelo de crecimiento futuro para la banda de 31 GHz, la densidad de las 222 estaciones SF en 200 MHz sigue siendo inferior a la de las estaciones del SF en otras bandas. Por ejemplo, un modelo de simulación similar para las estaciones del SF titulares de licencia en la banda 10,6-10,68 GHz contenía 2 652 estaciones del SF en estos 80 MHz de espectro, y esta densidad media de estaciones del SF ($0,0002$ SF/km²) a lo largo de 10 000 000 km² en la banda de 31 GHz es muy inferior a la densidad del SF ($0,6$ a 1 SF/km²) supuesta en el análisis estático.

FIGURA 9-12

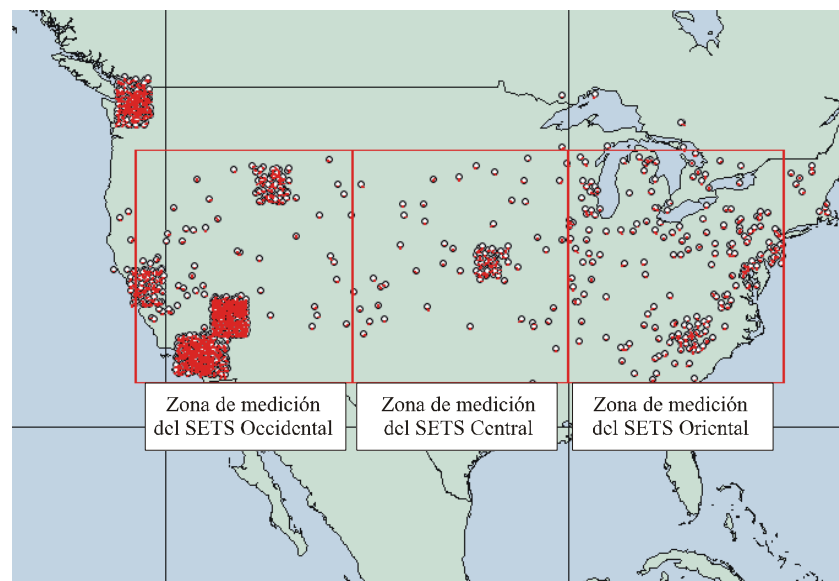
Instalación actual de estaciones del SF titulares de licencia en la banda 31-31,3 GHz



Rap 2092-0912

FIGURA 9-13

Hipótesis de crecimiento futuro de las estaciones del SF



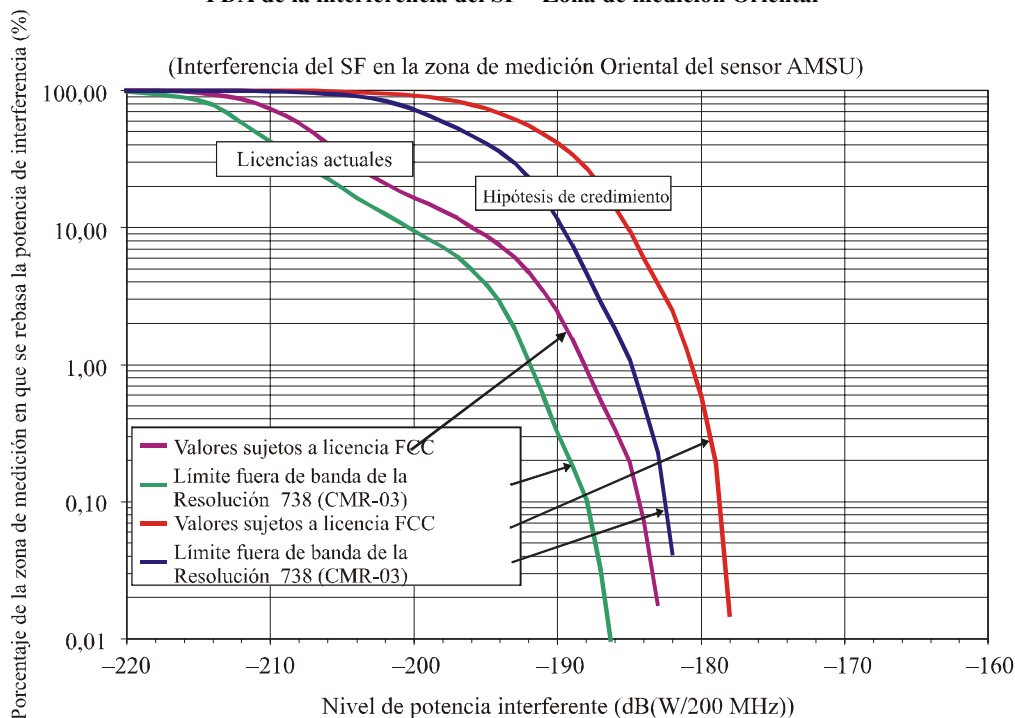
Rap 2092-0913

Las simulaciones en el marco de este modelo de instalación se efectuaron para tres zonas de medición adyacentes pero no superpuestas situadas entre 32,524° y 45,476° de latitud Norte y entre 73,898° y 122,102° de latitud Oeste, según se ilustra en las Figs. 9-12 y 9-13. Cada una de estas zonas, designadas como zonas de medición Oriental, Central y Occidental, posee una superficie de 2 000 000 km².

Se efectuaron simulaciones para la unidad A avanzada de sondeo de microondas (*advanced microwave sounding unit-A*, AMSU-A), que es un sensor de barrido referido al nadir incorporado en cierto número de satélites operacionales, tales como los satélites NOAA K, L y M. El sensor AMSU-A se transporta en un satélite en órbita circular con una altitud de 850 km y una inclinación de 99° . Se supone que la antena del sensor completa una rotación sobre su eje, que está alineado con el vector de velocidad del satélite, cada 8 s. El haz describe una trayectoria de 30 ángulos de puntería equiespaciados entre $\pm 48,33^\circ$ respecto al nadir en incrementos de tiempo de 200 ms para efectuar las mediciones. Para los 2 s restantes del intervalo de 8 s, que se utilizan para la calibración, se supone que el sensor apunta al cénit del satélite, y no se calcula interferencia alguna durante esta porción de la calibración del ciclo de exploración. La antena del sensor tiene una máxima ganancia de 36 dBi y una anchura del haz de -3 dB a $3,3^\circ$. Se supone que el diagrama del lóbulo lateral de la antena del sensor está en consonancia con el diagrama de antena de referencia especificado en la Recomendación UIT-R F.1245-1. La interferencia provocada por los enlaces ascendentes del SFS a un sensor AMSU pasivo se evalúa en condiciones de propagación en el espacio libre, más de una pérdida adicional debida a la absorción atmosférica (gaseosa) según se estipula en la Recomendación UIT-R P.676-5.

Se efectuó una simulación de tres días para calcular las FDA con un incremento de 200 ms cuando el sensor pasivo estaba en condiciones de muestrear puntos dentro de la zona de medición. En las Figs. 9-14, 9-15 y 9-16 se representan las FDA de la interferencia causada por estaciones del SF al sensor pasivo en la banda 31,3-31,5 GHz para cada una de las tres zonas de medición analizadas. Se efectúa asimismo una comparación de las FDA, suponiendo que cada una de las estaciones del SF titulares de licencia transmitía una potencia de emisión no deseada de $-38^\circ\text{dB(W/100 MHz)}$, como especifica la Resolución 738 (CMR-03).

FIGURA 9-14

FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Oriental

Rap 2092-0914

FIGURA 9-15

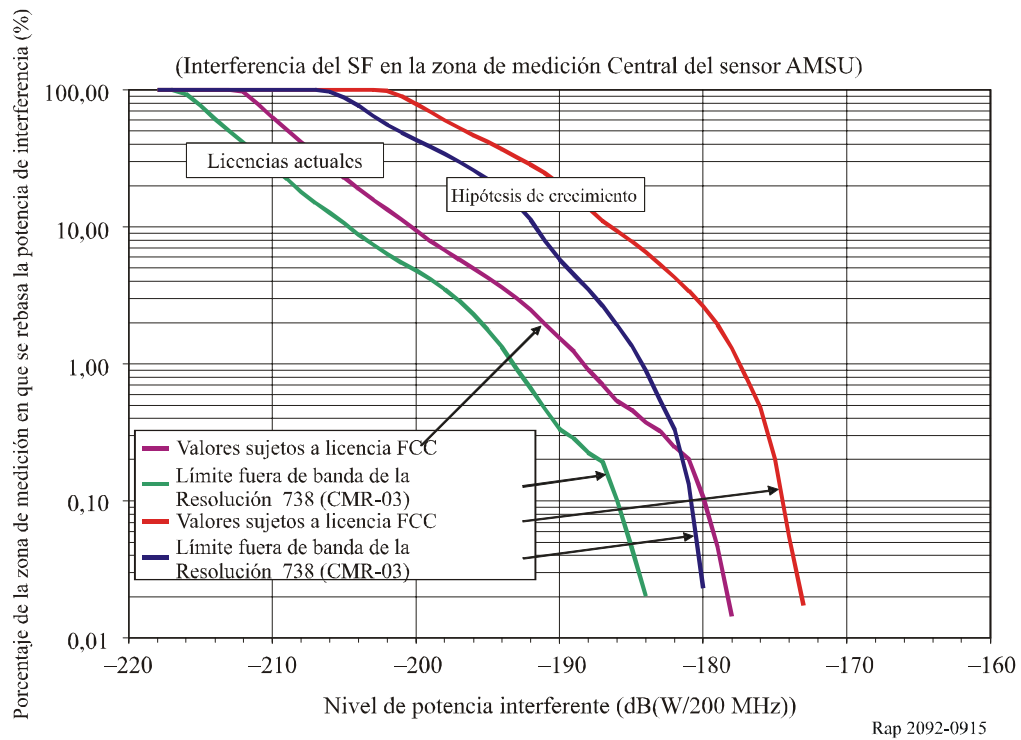
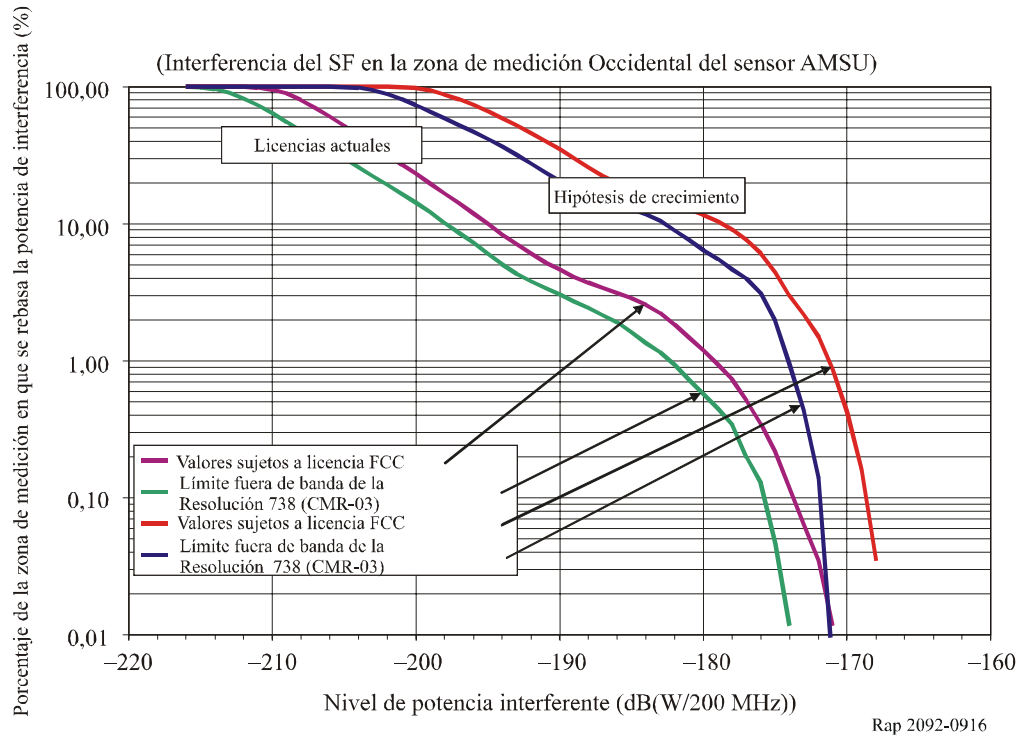
FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Central

FIGURA 9-16

FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Occidental

9.5 Técnicas de reducción de la interferencia

9.5.1 SETS (pasivo)

Los sistemas del SETS no pueden utilizar la banda de guarda en el borde inferior de la banda del SETS, puesto que necesitan funcionar en la totalidad de la atribución de 200 MHz.

9.5.2 SF

La utilización de una banda de guarda de 31 MHz para los sistemas instalados de conformidad con el Anexo 8 a la Recomendación UIT-R F.746 y que utilizan una máscara más estricta para las emisiones no deseadas que la estipulada en la Recomendación UIT-R SM.1541 y los límites para las emisiones no esenciales más estrictos que los de la Recomendación UIT-R SM.329 (Categoría B) asegura que los niveles de las emisiones no deseadas procedentes de sistemas del SF que caen dentro de la banda 31,3-31,5 GHz satisfacen los límites de potencia admisible indicados en los Cuadros 9-4 y 9-5 (aproximadamente -38 dB(W/100 MHz)).

También pueden utilizarse otras técnicas de reducción de la interferencia, tales como el filtrado, para garantizar que se respetan los límites de máxima potencia admisible dentro de la banda pasiva.

9.5.3 Posibles repercusiones

9.5.3.1 SETS

No hay repercusiones.

9.5.3.2 SF

Si los sistemas del SF aplican técnicas de reducción de la interferencia utilizando los límites de emisiones no deseadas y los límites para las emisiones no esenciales estipulados en la Recomendación UIT-R SM.329 (Categoría B), entonces habrá que determinar los efectos para el SF en los países que no cumplen con dichos límites. Si los sistemas del SF aplican otras técnicas para respetar el valor -38 dB(W/100 MHz), será preciso determinar también los efectos de dichas técnicas.

9.6 Resultados de los estudios

9.6.1 Resumen

En este punto se ha puesto de manifiesto que los sistemas del SF que funcionan en la banda 31-31,3 GHz instalados en Europa, que utilizan máscaras más estrictas para las emisiones no deseadas que las estipuladas en la Recomendación UIT-R SM.1541 y que observan los límites para las emisiones no esenciales indicados en la Recomendación ITU-R SM.329 (Categoría B) respetarán la máxima potencia aceptable de -38 dB(W/100 MHz). Cabe señalar que las densidades de los terminales que se consideraron en los análisis de compatibilidad corresponden al caso más desfavorable y pueden mejorarse.

Se realizó asimismo una simulación dinámica para determinar los efectos de las emisiones no deseadas procedentes de las estaciones titulares de licencias en una administración, así como una hipótesis de crecimiento futuro extrapolada a partir de dichas estaciones con licencia. La densidad de las estaciones P-P del SF promediadas a lo largo de la zona de simulación de 10 000 000 km² en estos modelos de instalación resultó muy inferior a la densidad del SF correspondiente al caso más desfavorable dentro del haz principal del sensor pasivo que se tomó como suposición en los cálculos estáticos, en un factor de 0,02-0,04%. Los resultados de estas simulaciones dinámicas indican que no se rebasan los criterios de interferencia admisible del SETS (pasivo) especificados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para los sensores pasivos AMSU en las densidades de estaciones del SF inferiores supuestas, aunque los niveles de potencia de transmisión de las

emisiones no deseadas de las estaciones P-P del SF rebasen el valor de -38 dB(W/100 MHz) de potencia de emisiones no deseadas señalado en la Resolución 738 (CMR-03).

9.6.2 Conclusión

Cuando los sistemas del SF observan las disposiciones de canal estipuladas en el Anexo 8 a la Recomendación UIT-R F.746 y se ajustan a límites más estrictos para las emisiones no deseadas que los que figuran en la Recomendación UIT-R SM.1541 y en el Apéndice 3 del RR, el nivel de las emisiones no deseadas procedentes de los sistemas SF instalados en la banda 31-31,3 GHz pueden respetar el límite de -38 dB(W/100 MHz), lo que garantizaría la compatibilidad entre el SF que funciona en la banda 31-31,3 GHz y el SETS que funciona en la banda 31,3-31,5 GHz.

10 Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 50,2-50,4 GHz y sistemas del SFS (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 47,2-50,2 GHz

10.1 SETS (pasivo)

10.1.1 Banda atribuida

En el Cuadro 10-1 se indican las atribuciones adyacentes a la banda del SETS pasivo de 50,2-50,4 GHz. Cabe señalar que esa banda está contemplada en el número 5.340 del RR y que también es aplicable la disposición 5.340.1 del RR.

CUADRO 10-1

Atribuciones de bandas adyacentes

Servicios con atribuciones en la banda inferior	Banda pasiva
47,2-50,2 GHz	50,2-50,4 GHz
FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)
5.149 5.340 5.552 5.552A 5.555	5.340 5.555A

10.1.2 Aplicación

Esta banda de frecuencias es una de las diversas bandas entre 50 GHz y 60 GHz que se utilizan colectivamente para proporcionar perfiles de la temperatura de la atmósfera tridimensionales. La banda de 50,2 a 50,4 GHz es un «canal de ventana» que puede utilizarse para medir las emisiones desde la superficie de la Tierra. Esta banda no sólo se utiliza para calibraciones de las mediciones de la temperatura del oxígeno en la gama de 50 a 60 GHz, sino también para calibrar las mediciones de vapor de agua efectuadas en las proximidades de 23,8 GHz.

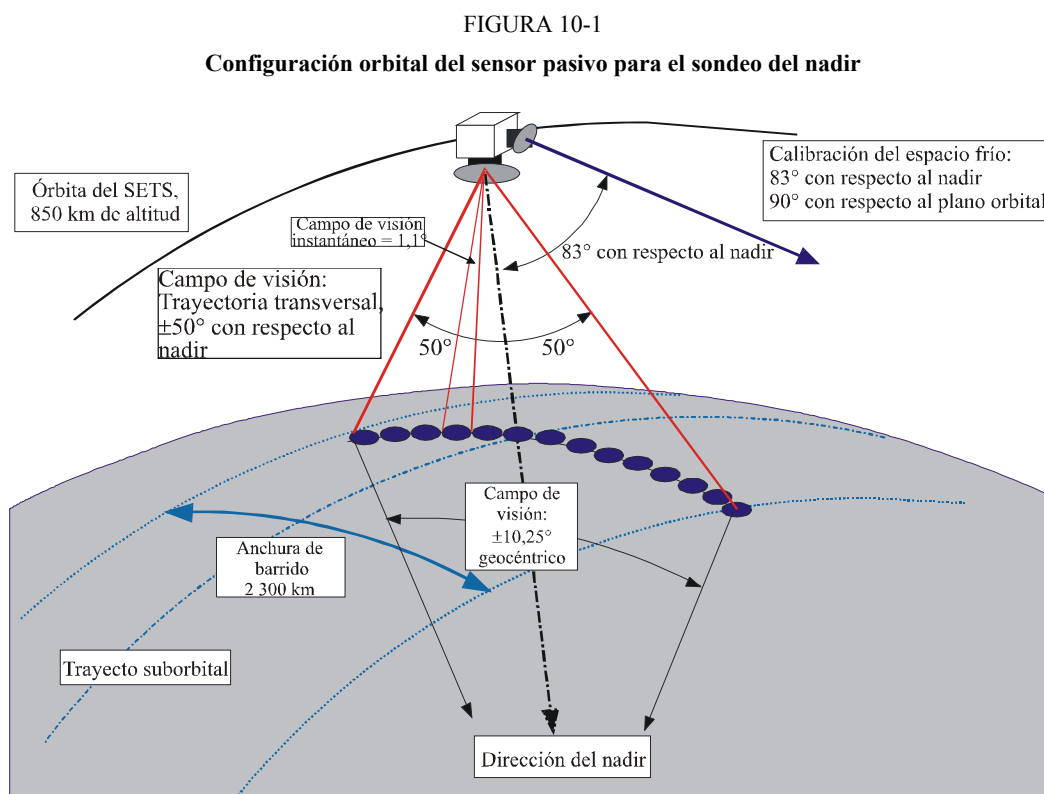
Estas mediciones se aplican a modelos numéricos de predicción meteorológica, que necesitan datos cada 6 horas y se utilizan para predicciones meteorológicas de pequeñas zonas (10 km o menos) en un tiempo breve (de 6 a 48 horas).

10.1.3 Criterios de protección requeridos

La Recomendación UIT-R RS.1029-2 contiene los criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite. La potencia interferente admisible recibida por el sensor del SETS procedente de todas las fuentes de interferencia es de -166 dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz, con una disponibilidad de datos del 99,99%, de conformidad con la Recomendación UIT-R RS.1028-2. La correspondiente zona de medición es un cuadrado en la superficie de la Tierra de $2\,000\,000\text{ km}^2$, a menos que se justifique otro valor.

10.1.4 Características de funcionamiento

En este Capítulo se han considerado dos tipos de diseño de sensor. Uno es el de exploración de trayectoria transversal, como el sensor AMSU-A actualmente operacional, que explora a través del nadir. El otro es el sensor propuesto de barrido transversal que utiliza múltiples haces fijos a lo largo de su trayecto. Éste es el futuro de la teledetección de microondas, ya que tiene la ventaja concreta de permitir un tiempo de integración mayor. En la Fig. 10-1 se ilustra la geometría del sensor pasivo para el sondeo del nadir. En el Cuadro 10-2 se indican las características operacionales del sensor objeto de estudio.



CUADRO 10-2

Parámetros de los sensores de nadir

Parámetros	AMSU-A	Barrido transversal con peine detector
Tipo de exploración	Mecánica	Electrónica
Ganancia de la antena principal (dBi)	36	45
Anchura del haz a potencia mitad a -3 dB (grados)	3,3	1,1
Tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria del satélite (km)	45	16
Franja de exploración útil (km)	2 300	2 300
Polarización	V	H/V
Altitud del sensor (km)	850	850
Inclinación (grados)	98,8	98,8
Periodo orbital (minutos)	102	102
Ganancia de la antena de calibración del espacio frío (dBi)	36	35
Ángulo de calibración del espacio frío en relación con el trayecto del satélite (grados)	90	90
Ángulo de calibración del espacio frío en relación con la dirección del nadir (grados)	83	83
Diámetro del reflector (m)	0,28	0,9

La antena del sensor AMSU completa cada 8 s una rotación sobre su eje, que está alineado con el vector de velocidad del satélite. El haz principal de la antena del sensor apunta a un ángulo recto con respecto al eje de rotación, de modo que el haz pasa a través del punto subsatelital durante cada ciclo de exploración. Durante ese ciclo, el haz describe una trayectoria de 30 ángulos de puntería equiespaciados entre $\pm 48,33^\circ$ respecto del nadir en intervalos de tiempo de 200 ms para efectuar las mediciones. Durante los 2 s restantes del ciclo de exploración de 8 s se efectúa la calibración en caliente y en frío. En la Fig. 10-2 se ilustra el diagrama de ganancia de la antena del sensor AMSU.

Se ha propuesto un sensor «de barrido transversal» que tiene haces fijos en una franja similar a la del AMSU-A. El sensor «de barrido transversal» es un instrumento puramente estático sin partes móviles. Su principal característica es que todos los píxeles en una línea de exploración se adquieren simultáneamente, y no de manera secuencial como ocurre con los sensores de exploración mecánica (es decir, de tipo AMSU), lo que permite aumentar considerablemente el tiempo de integración y su resolución radiométrica.

El sistema de antena de barrido transversal está compuesto de unos 90 haces individuales, y el diagrama compuesto con forma de abanico cubre un ángulo de exploración transversal de 100° centrado en el punto subsatelital. Cada uno de los haces tiene una ganancia isotrópica de 45 dBi y una anchura de haz a potencia mitad de $1,1^\circ$ aproximadamente. Se supone que el diagrama de antena de cada haz es conforme a la Recomendación UIT-R F.1245-1. En la Fig. 10-2 se representa el diagrama de ganancia de antena para cada haz, así como un diagrama compuesto utilizado para simplificar los cálculos de interferencia en el modelo de simulación N° 1. Este diagrama compuesto es la envolvente de las ganancias de cresta de todos los haces a lo largo del eje de exploración transversal del sensor, y cada uno de los diagramas de los haces a lo largo del eje en la dirección de vuelo del satélite. En la Fig. 10-3 se ilustra la estructura detallada de los diagramas de antena de los 11 primeros haces contiguos a lo largo de un lado del eje de exploración transversal del sensor.

FIGURA 10-2

**Diagrama de ganancia de antena del radiómetro AMSU,
sensor de barrido transversal
(haz único y haz transversal compuesto)**

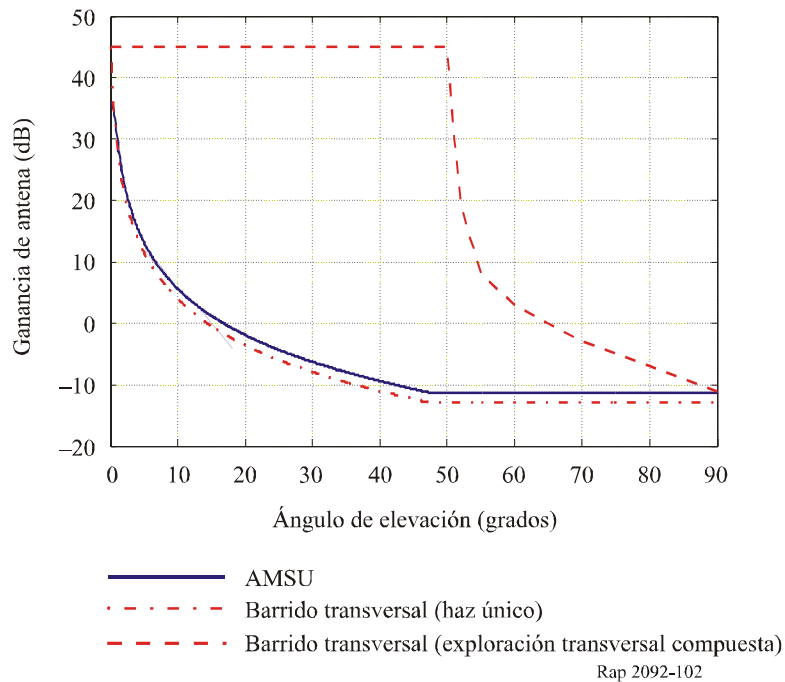
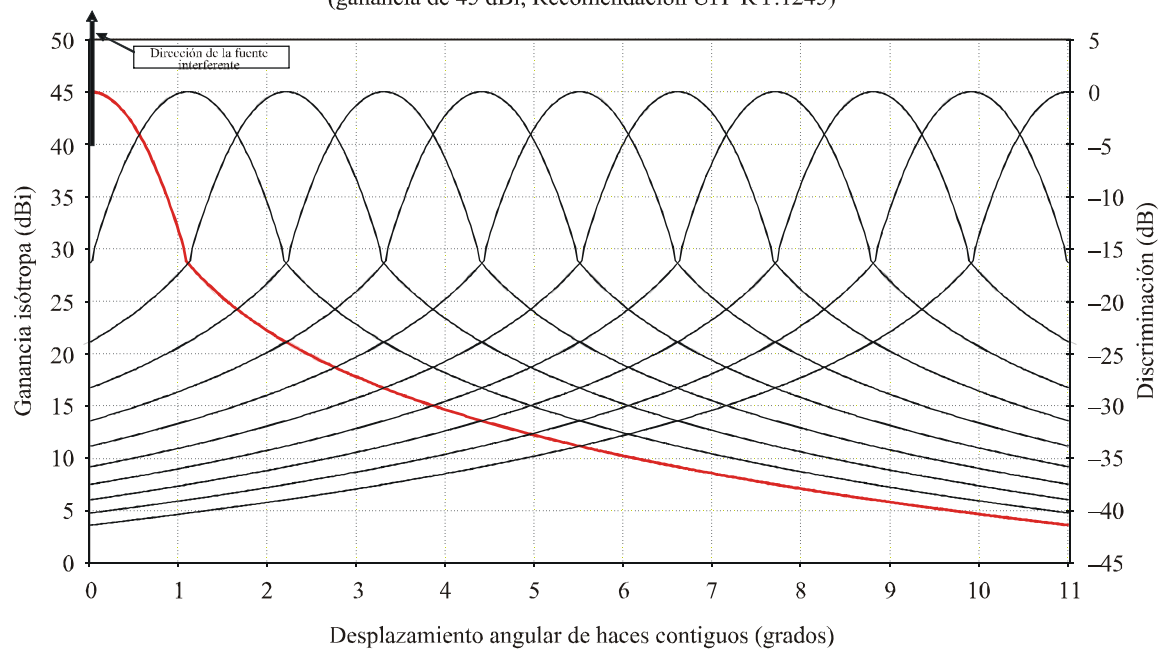


FIGURA 10-3

Estructura del diagrama de ganancia de la antena del sensor de barrido transversal

(Sonda del nadir de barrido transversal: diagrama de antena compuesto y diferenciación)
(ganancia de 45 dBi, Recomendación UIT-R F.1245)



Rap 2092-103

En la Fig. 10-3 (eje de ordenadas a la derecha del diagrama) también se ilustra la discriminación entre haces de antena contiguos. Si se designa el haz de la antena que apunta a la fuente interferente como *haz de referencia* (0 dB), en el Cuadro 10-3 se indica el valor numérico de la discriminación proporcionada por los diagramas individuales en los 10 siguientes haces continuos a cada lado del *haz de referencia*. Este parámetro es importante al considerar la interferencia producida por una estación terrena que atraviesa el plano de exploración del sensor pasivo.

CUADRO 10-3

Discriminación entre haces de antena contiguos

Haz	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discriminación (dB)	0	-16,4	-23,9	-28,3	-31,4	-33,8	-35,8	-37,5	-38,3	-40,2	-41,4

Como todos los haces se activan simultáneamente y la discriminación entre haces adyacentes no es infinita, dependiendo de su magnitud y de la configuración geométrica, la interferencia puede afectar simultáneamente a varios haces contiguos.

En el punto 8, que trata los análisis de compatibilidad entre las bandas activas y pasivas en torno a 30 GHz, se muestra que la utilización de la representación compuesta de la antena de barrido transversal o de la estructura detallada resulta equivalente. Por lo tanto, para mayor sencillez, se propone utilizar en el análisis dinámico la representación compuesta de la antena de barrido transversal.

10.2 SFS (Tierra-espacio)**10.2.1 Banda de transmisión atribuida**

Véase el Cuadro 10-1.

10.2.2 Aplicación

El servicio activo que se considera en este Capítulo es el SFS (Tierra-espacio) en la banda 47,2-50,2 GHz.

10.2.3 Representación del espectro de emisiones no deseadas

Véase el § 2 (en particular el Apéndice técnico en el § 2.3).

10.2.4 Características del transmisor**10.2.4.1 Parámetros de la estación terrena de enlace ascendente en el estudio de simulación dinámica N° 1**

El Cuadro 10-4 contiene las características de las principales redes OSG que se prevé estarán en funcionamiento, y en el Cuadro 10-5 se indican las características típicas de una red del SFS no OSG.

CUADRO 10-4

Parámetros de la estación terrena (ET) de enlace ascendente del SFS

Sistema de satélites del SFS	SFS de tipo 1	SFS de tipo 2	SFS de tipo 3	SFS de tipo 4
Anchura de banda ocupada (MHz)	200	250	492	252
Máxima ganancia de antena de la estación terrena (dBi)	68,2	60	60,9	55,8
p.i.r.e. de la estación terrena (dBW)	80	87,9	75,9	68,6
Potencia del transmisor de la estación terrena (dBW)	11,8	27,9	15	12,8
Diagrama de antena de la estación terrena	$A-25 \text{ LOG}(f)$	Recomendación UIT-R S.580	Recomendación UIT-R S.465	Recomendación UIT-R S.465
Anchura de haz a 3 dB de la estación terrena (grados)	0,06	0,17	0,2	0,3
Tipo de órbita del sistema	OSG	OSG	OSG	OSG
Estrategia de exploración (siempre apuntando al satélite OSG designado)	Ninguna (siempre apuntada al satélite OSG designado)	Ninguna (siempre apuntada al satélite OSG designado)	Ninguna (siempre apuntada al satélite OSG designado)	Ninguna (siempre apuntada al satélite OSG designado)
Número de satélites	1	1	1	1
Número de estaciones terrenas	1	1	1	1

CUADRO 10-5

Características típicas de las estaciones terrenas de enlace ascendente no OSG consideradas en el estudio de simulación dinámica N° 1

Sistema	MEOSAT-X	WBV3
Órbita	No OSG circular	OSG
Altitud (km)	10 352	35 786
Inclinación (grados)	50	0
Periodo orbital	6 h	23 h 56 min
Satélites por plano	8	No aplicable
Planos	4	No aplicable
Polarización	Circular levógira/circular dextrógira	Circular levógira/circular dextrógira
Modulación	MDP-4°	MDP-4D
Anchura de banda (MHz)	500	252
p.i.r.e. (dBW)	88	68,6
Ganancia de antena (dBi)	66,08 (Recomendación UIT-R S.580)	55,8
Potencia del transmisor (dBW)	21,92	12,8

10.2.4.2 Parámetros de las estaciones terrenas de enlace ascendente consideradas en el estudio de simulación dinámica N° 2

En esta simulación se utilizan los parámetros de estación terrena considerados típicos dentro de la amplia gama de parámetros de satélite y de estación terrena especificados en las notificaciones de coordinación de satélites. Las anchuras de banda del transpondedor varían entre 250 y 1 000 MHz, y las temperaturas de ruido del sistema receptor de satélite oscilan entre 650 y 1 100 K. El tamaño de las estaciones terrenas de enlace ascendente en estas redes de satélites varía de 0,3 a 13 m de diámetro, las anchuras de banda de emisión varían de 103 kHz a 830 MHz y la relación C/N de enlace ascendente varía de 5,7 a 20 dB, según dichas notificaciones de satélite. Los niveles de potencia máximo y mínimo de cada emisión también varían a lo largo de una amplia gama, que en algunos casos incluye gamas superiores a 30 dB. Dentro de estas gamas de parámetros se seleccionó una combinación de parámetros correspondientes a estaciones terrenas de «pequeña», «media» y «gran» capacidad, y se calcularon los niveles de potencia de transmisión en condiciones de cielo despejado para producir una relación C/N específica en una estación terrena ubicada en el centro de la zona de medición que transmite al satélite más alejado, suponiendo una temperatura de ruido del sistema receptor del satélite de 800 K. En el Cuadro 10-6 se indican los cálculos del nivel de potencia de transmisión de la portadora y los valores de los parámetros de esas tres estaciones terrenas típicas.

Esos niveles de potencia de transmisión de enlace ascendente calculados se corrigen con un factor para estimar la cantidad de potencia de emisión no deseada que cae dentro de la banda del sensor pasivo 50,2-50,4 GHz cuando la frecuencia de la portadora de enlace ascendente del SFS se encuentra en el borde de la banda del SFS más cercano a la banda del sensor pasivo. Este factor se define como la relación entre la emisión no deseada que cae dentro de la banda del SETS (obtenida mediante la integración numérica de la señal filtrada o no filtrada a lo largo de la correspondiente región del espectro) y la potencia de transmisión total. La representación del espectro supuesta incluye una forma de espectro $(\sin(x)/x)^2$ de una emisión MDP-4 con una velocidad de símbolos igual a la anchura de banda especificada. En ciertos casos también se tomaron por supuestas las siguientes características de atenuación debidas al filtrado posterior a la modulación al calcular la potencia de la emisión no deseada que cae dentro de la anchura de banda del sensor pasivo:

$$A(f) = 40 \log_{10} |(f - f_c) / (f_c - 50,2)| + 8 \quad (1)$$

Se efectuaron simulaciones de las potencias de emisiones no deseadas únicamente para el caso de una forma de espectro $(\sin(x)/x)^2$ de una emisión MDP-4 sin filtrado posterior a la modulación y también en el caso de una atenuación de 40 dB/década debida al filtrado posterior de la modulación.

CUADRO 10-6

Parámetros de la estación terrena considerados para la simulación dinámica N° 2

Estación terrena típica	0,3M	1,8M	4,5M
Relación C/N deseada (dB)	15	18	18
Margen	0	0	0
Ganancia de antena de la estación terrena (dBi)	41,9	57,5	65,4
Pérdidas en el espacio libre (dB)	218,2	218,2	218,2
Pérdidas atmosféricas (dB)	3	3	3
Ganancia de antena del satélite (−1 dB de contorno) (dBi)	52	52	52
Temperatura del sistema receptor del satélite (K)	800	800	800
Anchura de banda de emisión del enlace ascendente (MHz)	9,6	27	112
Potencia del enlace ascendente requerida (dBW)	12,5	4,4	2,7
Anchura de banda del transpondedor (MHz)	250	250	250
Frecuencia central del transpondedor (MHz)	50 075	50 075	50 075
Frecuencia de la portadora del enlace ascendente (MHz)	50 190	50 185	50 140
Potencia de la emisión no deseada con $A(f)$ (dentro de 50,2-50,4 GHz) (dB(W/200 MHz))	−13,4	−19,1	−23,7
Factor de emisión no deseada con $A(f)$ (dB)	−25,9	−23,5	−26,4
p.i.r.e. de la emisión no deseada con $A(f)$ (dentro de 50,2-50,4 GHz) (dB(W/200 MHz))	28,5	38,4	41,7
Potencia de la emisión no deseada sin $A(f)$ (dentro de 50,2-50,4 GHz) (dB(W/200 MHz))	−3,7	−9,1	−11,5
Factor de la emisión no deseada sin $A(f)$ (dB)	−16,2	−13,5	−14,2
p.i.r.e. de la emisión no deseada sin $A(f)$ (dentro de 50,2-50,4 GHz) (dB(W/200 MHz))	38,2	48,4	53,9

10.3 Umbral de interferencia

Potencialmente se recibe interferencia de diversas fuentes procedentes de múltiples servicios simultáneamente. Los valores enumerados en la Recomendación UIT-R RS.1029 (para una banda específica) son los niveles de máxima interferencia admisible para los sensores pasivos desde todas las fuentes de interferencia.

Este Capítulo contiene un análisis de la interferencia generada por un único servicio activo y se aplican los criterios indicados en el § 10.1.3 para el umbral de interferencia.

10.4 Evaluación de la interferencia

Se realizaron simulaciones dinámicas para determinar la función de distribución acumulativa (FDA) de los niveles de potencia recibidos por un sensor pasivo en una zona de medición de 2 000 000 km², suponiendo un funcionamiento en la misma frecuencia. Se realizaron dos estudios de simulación dinámica que abarcaron una amplia gama de modelos de instalación de estaciones terrenas.

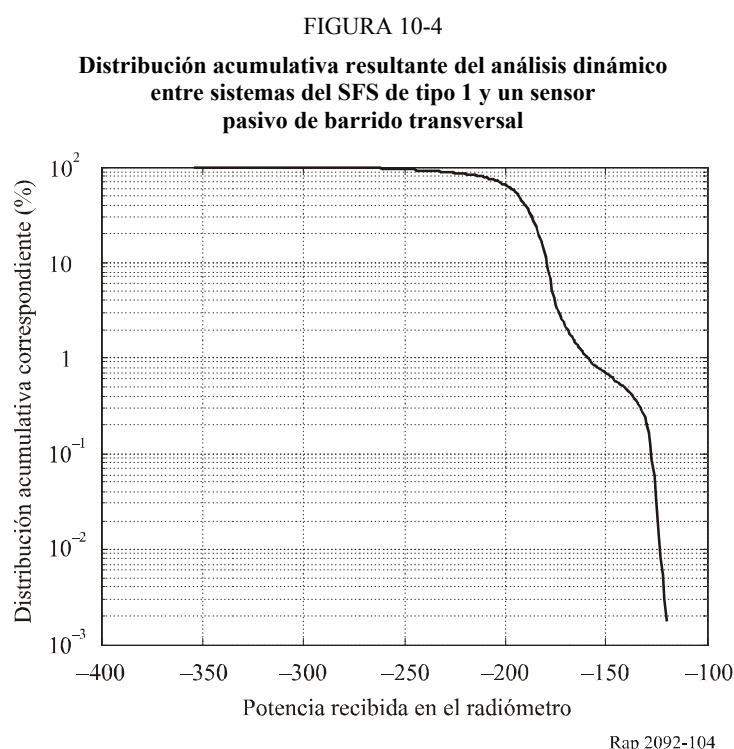
10.4.1 Estudio de simulación dinámica N° 1

Se efectuaron simulaciones para determinar la probabilidad de interferencia utilizando un incremento temporal de 0,5 s a fin de obtener resultados precisos. Cuando la función de distribución acumulativa comienza a ser estable las simulaciones se interrumpen. Además, cabe señalar que todas estas simulaciones que figuran a continuación sólo se refieren al satélite de barrido transversal con sondeo del nadir. Cabe señalar asimismo que el número de estaciones terrenas y el número de satélites en un sistema del SFS dado puede aumentar considerablemente la probabilidad de provocar interferencia perjudicial, lo que obviamente tendrá un efecto en el resultado final.

Se introdujo un factor de corrección de anchura de banda para tener en cuenta la diferencia entre la anchura de banda necesaria de los sistemas activos y la anchura de banda de referencia de los sistemas pasivos.

10.4.1.1 Sistemas del SFS de tipo 1

Se consideraron cinco tipos de satélites del SFS OSG en longitudes de 10°, 15°, 20°, 25° y 30° respectivamente: las estaciones en tierra conexas tienen las mismas longitudes y se encuentran a 50° N de latitud. Los resultados figuran en el Cuadro 10-7 y en la Fig. 10-4, y son válidos en una superficie de 2 000 000 km².



CUADRO 10-7

Análisis dinámico entre sistemas del SFS de tipo 1 y el SETS

Distribución acumulativa (%)	21	3	1,5	0,01	0,001
Barrido transversal: potencia interferente correspondiente recibida por el SETS (dB(W/200 MHz))	-184	-173	-166	-123	-120

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es 0 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de zona en que el umbral de interferencia podría rebasarse, la potencia interferente indicada en el Cuadro 10-8 es -123 dBW, valor que se encuentra 43 dB por encima del umbral de interferencia.

Por lo tanto, el máximo valor provisional que se ha de adoptar dentro de la banda pasiva para un único sistema OSG activo es:

$$p.i.r.e. = 37 \text{ dBW} \qquad (80 \text{ dBW} - 43 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y dado que la ganancia de antena es de 68,2 dBi, la potencia dentro de la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe ser superior a -31,2 dBW para una anchura de banda de referencia de 200 MHz.

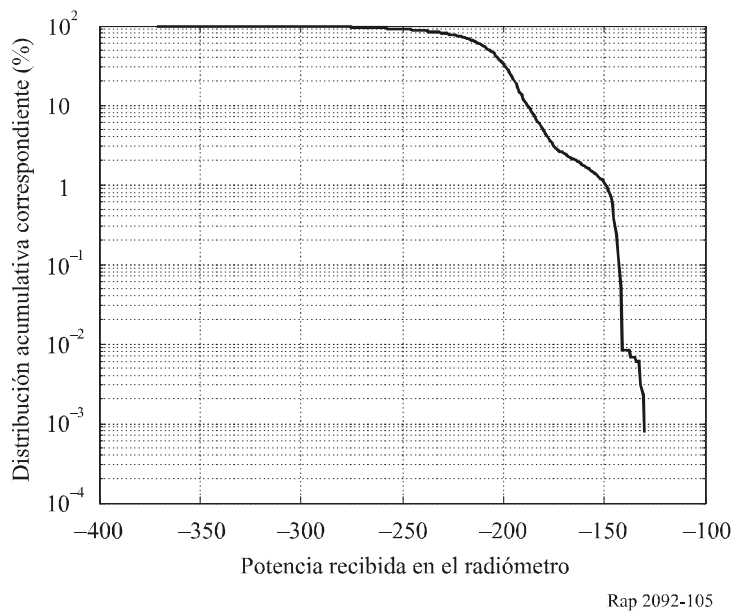
10.4.1.2 Sistemas del SFS de tipo 2

Por el momento no se ha considerado ninguno de estos sistemas.

10.4.1.3 Sistemas del SFS de tipo 3

Se consideraron cinco sistemas de satélites OSG del SFS de tipo 3 en longitudes de 10°, 15°, 20°, 25° y 30° respectivamente: las estaciones en tierra conexas se encuentran en las mismas longitudes y a 50° N de latitud. Los resultados figuran en el Cuadro 10-8 y en la Fig. 10-5 y son válidos en una superficie de 2 000 000 km².

FIGURA 10-5
Distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre sistemas del SFS de tipo 3 y un sensor pasivo de barrido transversal



CUADRO 10-8
Análisis dinámico entre sistemas del SFS de tipo 3 y el SETS

Distribución acumulativa (%)	40	2	1	0,01	0,0007
Barrido transversal: potencia interferente correspondiente recibida por el SETS (dB(W/492 MHz))	-203	-166	-150	-141	-130

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es 4 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de zona en que podría rebasarse el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 10-8 es $-141 - 4 = -145$ dBW, valor que se encuentra 21 dB por encima del umbral de interferencia.

Así pues, el máximo valor provisional que se ha de adoptar dentro de la banda pasiva para un único sistema OSG activo es:

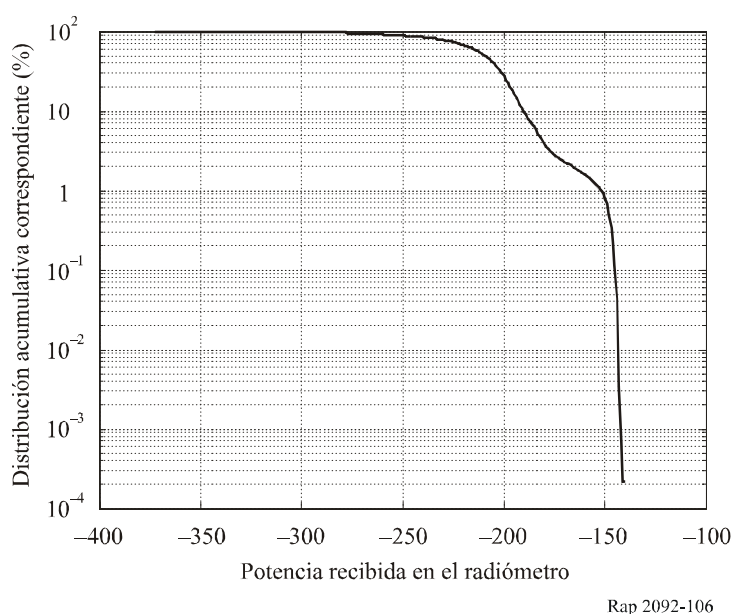
$$p.i.r.e. = 50,9 \text{ dBW} \quad (71,9 \text{ dBW} - 21 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y dado que la ganancia de antena es 60,9 dBi, la potencia dentro de la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe rebasar el valor de -10 dBW para una anchura de banda de referencia de 200 MHz.

10.4.1.4 Sistemas del SFS de tipo 4

Se consideraron cinco sistemas de satélite OSG del SFS de tipo 4 en longitudes de 0° , 5° , 10° , 15° y 20° respectivamente: las estaciones en tierra conexas se encuentran en las mismas longitudes y a 50° N de latitud. Los resultados figuran en el Cuadro 10-9 y en la Fig. 10-6 y son válidos en una superficie de 2 000 000 km² sobre Europa. Las características de los sistemas del SFS se describen en el Cuadro 10-5, en el que la p.i.r.e. de cada estación terrena es de 68,6 dBW.

FIGURA 10-6
Distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre sistemas del SFS de tipo 4 y un sensor pasivo de barrido transversal



CUADRO 10-9
Análisis dinámico entre sistemas del SFS de tipo 4 y el SETS

Distribución acumulativa (%)	40	10	2	1	0,01	0,0002
Barrido transversal: potencia interferente correspondiente recibida por el SETS (dB(W/252 MHz))	-205	-91	-166	-152	-142	-140

En este caso, el factor de corrección de anchura de banda es 1 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de zona en que se podría rebasar el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 10-9 es $-142 - 1 = -143$ dBW, valor que se encuentra 23 dB por encima del umbral de interferencia.

Por lo tanto, el máximo valor provisional que se ha de adoptar dentro de la banda pasiva para un único sistema OSG activo es:

$$p.i.r.e. = 44,6 \text{ dBW} \qquad (67,6 \text{ dBW} - 23 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y dado que la ganancia de la antena es 55,8 dBi, la potencia dentro de la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe rebasar los $-11,2$ dBW para una anchura de banda de referencia de 200 MHz.

10.4.1.5 Cálculos dinámicos con sistemas no OSG

Se ha considerado el sistema MEOSAT como ejemplo de sistema no OSG. Originalmente se ha previsto que el número de estaciones terrenas sea ilimitado hasta alcanzar escala mundial: a efectos de la simulación, se prevén 6 estaciones en tierra. En el Cuadro 10-6 se describen las correspondientes características del sistema del SFS; la p.i.r.e. de cada una de las estaciones terrenas es 88 dBW.

Los resultados figuran en el Cuadro 10-10 y en la Fig. 10-7, y son válidos en una zona de 2 000 000 km².

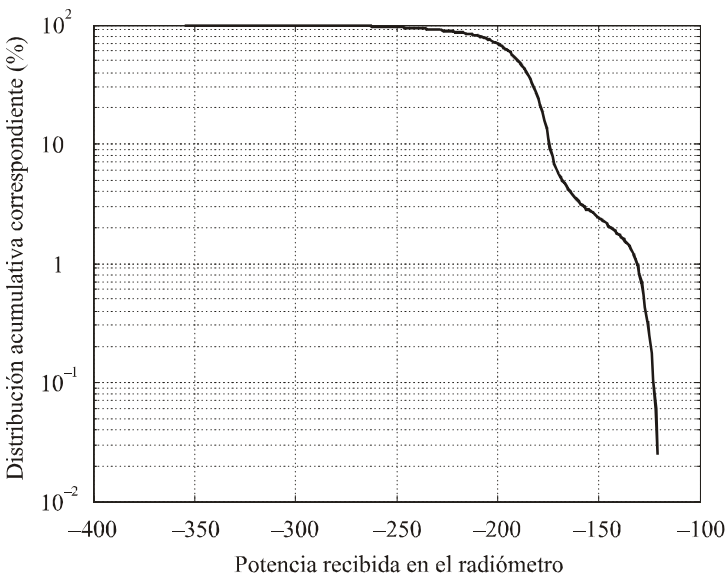
CUADRO 10-10

Análisis dinámico entre el sistema no OSG MEOSAT y el SETS

Distribución acumulativa (%)	10	1	0,1	0,01
Barrido transversal: potencia interferente correspondiente recibida por el SETS (dB(W/500 MHz)	-277	-174	-124	-121

FIGURA 10-7

Distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre el sistema no OSG MEOSAT y un sensor pasivo con barrido transversal



Rap 2092-107

En este caso el factor de corrección de anchura de banda es 4 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o de zona en que podría rebasarse el umbral de interferencia, la potencia interferente indicada en el Cuadro 10-10 es $-121 - 4 = -125$ dBW, valor que se encuentra 41 dB por encima del umbral de interferencia.

Así pues, el máximo valor provisional que se ha de adoptar dentro de la banda pasiva para un único sistema no OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 43 \text{ dBW} \quad (84 \text{ dBW} - 41 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz, y dado que la ganancia de la antena es 66 dBi, la potencia dentro de la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe ser superior a -23 dBW para una anchura de banda de referencia de 200 MHz.

10.4.1.6 Evaluación de la atenuación de la interferencia

En el Cuadro 10-11 se muestran los diversos niveles de potencia obtenidos de las simulaciones anteriores y al aplicar la Recomendación UIT-R SM.1541, así como el factor de ajuste de conformidad con la metodología (en particular en el Apéndice).

CUADRO 10-11

Evaluación de los niveles de interferencia obtenidos mediante el cálculo de los diversos análisis dinámicos en el caso combinado

Hipótesis de combinación	Potencia interferente para una distribución acumulativa del 0,01% (dBW)	Rebasamiento del umbral del SETS	Máxima p.i.r.e. provisional dentro de la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia provisional dentro de la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Potencia alcanzada mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1541 de conformidad con la metodología (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia alcanzada mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste (véase la metodología) (dB(W/200 MHz))
Sistema del SFS OSG de tipo 1	-123	43	37	-31,2	3,8	-11,2
Sistema del SFS OSG de tipo 2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sistema del SFS OSG de tipo 3	-145	21	50,9	-10	6	-9
Sistema del SFS OSG de tipo 4	-143	23	44,6	-11,2	4,8	-10,2
Sistema del SFS no OSG (Mosat)	-125	41	43	-23	13	-2

La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable está basada en la utilización combinada de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha determinado que en la máscara consignada en la Recomendación UIT-R SM.1541 se sobreestima la potencia fuera de banda; éste sigue siendo el caso aun cuando se utilicen conjuntamente dicha Recomendación y el factor de ajuste. Se prevé que la utilización combinada de una forma de espectro tal como $(\sin x/x)^2$, junto con un filtro después de la modulación como el que se caracteriza en la ecuación (1) del § 10.2.4.2, aumentará en gran medida las posibilidades de compatibilidad (para mayores detalles véase también el § 2).

10.4.2 Estudio de simulación dinámica N° 2

En la Recomendación UIT-R RS.1029-2 se especifican los niveles de interferencia admisible para los sensores pasivos en esta banda, en términos del porcentaje de una zona de medición de 2 000 000 km² en la cual podrían rebasarse dichos niveles. Con objeto de efectuar un análisis dinámico de la interferencia a un sensor pasivo, se necesita un modelo de instalación de enlace ascendente del SFS para representar las fuentes de interferencia mientras el sensor pasivo efectúa mediciones a lo largo de dicha zona de 2 000 000 km².

Es probable que se diseñen muchos sistemas del SFS en esta porción del espectro para ofrecer servicios de banda ancha a un gran número de clientes con diversos tipos de estaciones terrenas de enlace ascendente caracterizadas por una gama de diámetros de antena y de p.i.r.e. que reflejen una serie de requisitos de capacidad. A fin de elaborar un posible modelo de instalación para dichos sistemas en la banda 47,2-50,2 GHz, se efectuó un examen de las notificaciones de satélites contenidas en la Lista de Redes de Satélite en Línea del UIT-R, a efectos de elaborar modelos de instalación del SFS en una zona de baja latitud de Asia y una zona de elevada latitud de Europa. Una característica común de estas dos zonas es que desde comienzos de 2000 ambas han dado lugar a un gran número de solicitudes de coordinación de satélites. A efectos de esta simulación dinámica, la zona de medición de Asia se define como la zona de la superficie de la Tierra enmarcada por líneas de latitud constante 18,84° N y 29,16° N, y líneas de longitud constante 93,43° E y 110,57° E, cuya área es de 2 000 000 km² y cuyo centro se encuentra a 45° de latitud Norte y 105° de longitud Este. La zona de medición del sensor pasivo de Europa está definida como la zona de la superficie de la Tierra enmarcada por líneas de latitud constante 38,66° N y 53,34° N y líneas de longitud constante 9,06° E y 24,94° E, su centro está a 46° de latitud Norte y 17° de longitud Este. En las Figs. 10-8 y 10-9 se ilustran estas zonas de medición del sensor pasivo.

FIGURA 10-8

Zonas de medición del SETS en Asia y modelos de instalación del SFS

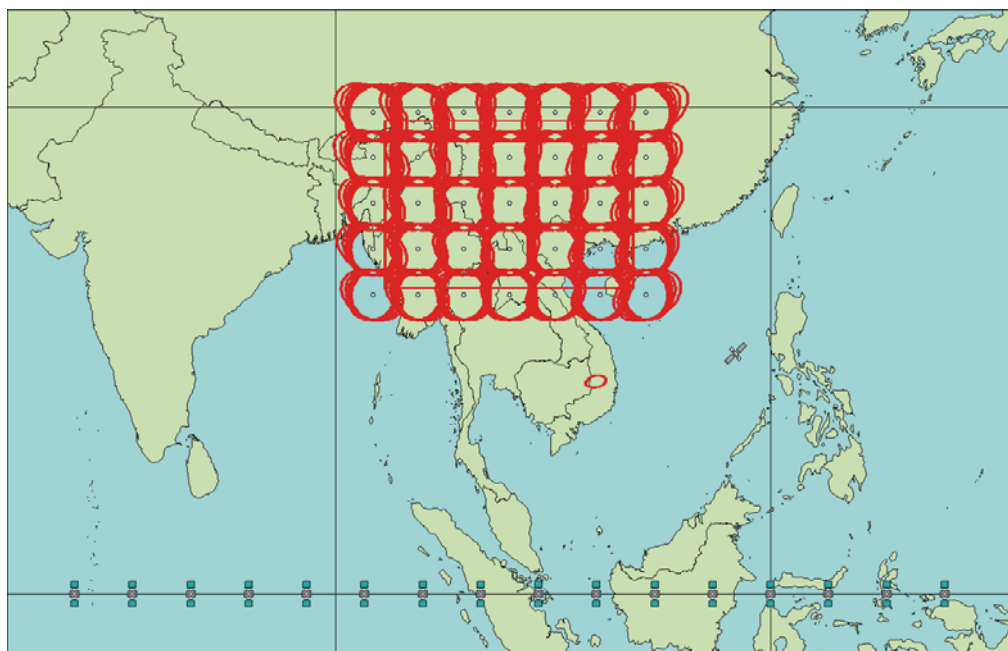
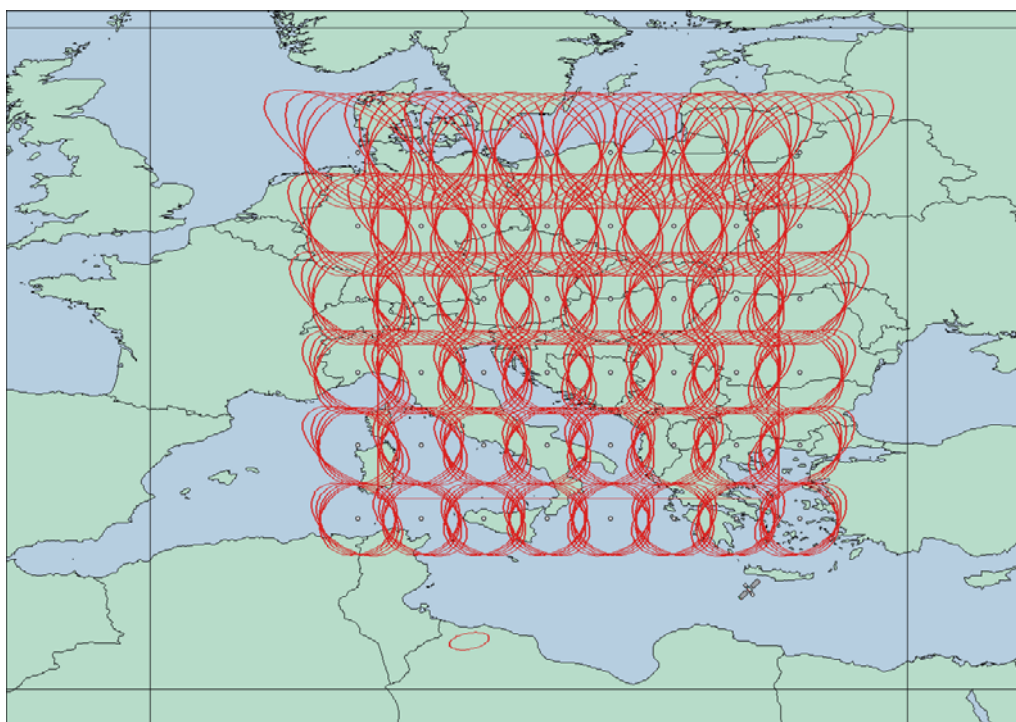


FIGURA 10-9

Zonas de medición del SETS en Europa y modelos de instalación del SFS



Rap 2092-109

Para determinar el número de estaciones terrenas de enlace ascendente que podrían funcionar dentro o en el exterior inmediato de esta zona de medición de sensor pasivo, se supone que la zona está cubierta por los haces puntuales de un satélite SFS ligeramente superpuestos. El examen de una muestra de las notificaciones de satélites al UIT-R en esta banda pone de relieve que podría ser típica una ganancia del haz del SFS de unos 50 dBi, lo que corresponde a una anchura de haz a -3 dB de aproximadamente $0,5^\circ$. Según se ilustra en las Figs. 10-8 y 10-9, la zona de medición de Asia puede cubrirse con una matriz de 35 haces puntuales y la zona de medición de Europa puede cubrirse con una matriz de 48 haces puntuales.

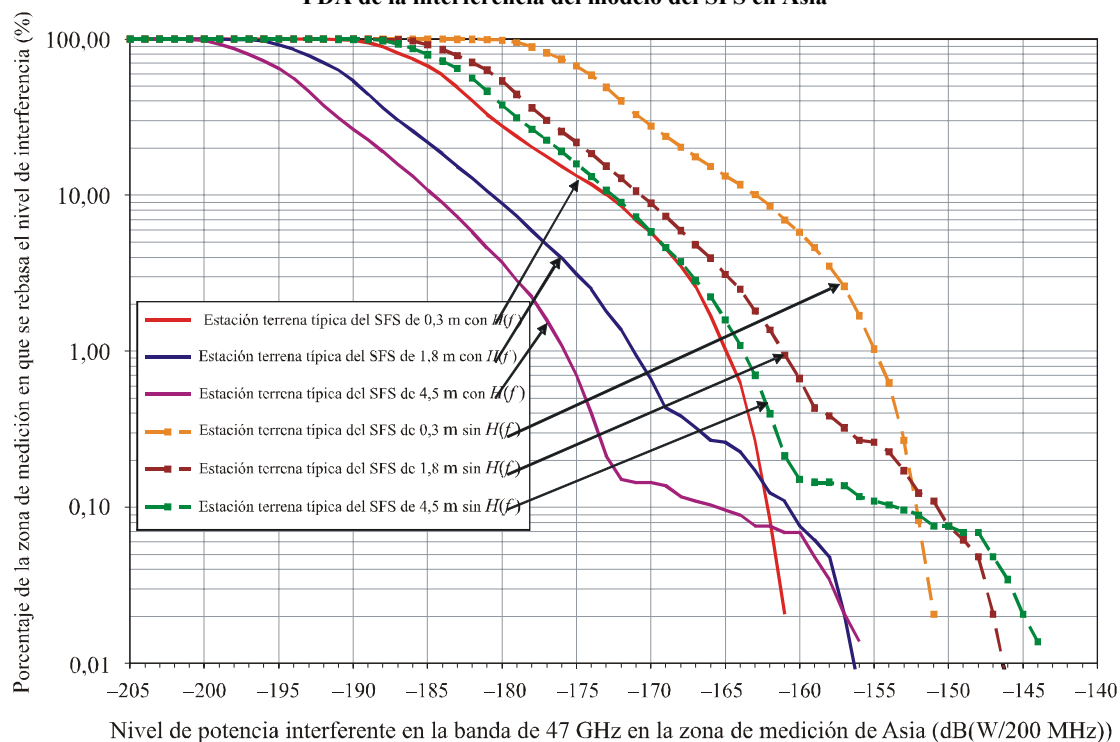
Los satélites OSG del SFS ubicados entre 72° y 132° de longitud Este en el arco OSG proporcionarían un mínimo ángulo de elevación mayor de 35° sobre la zona de medición de Asia, y los satélites ubicados entre 1° W de longitud y 35° E de longitud en el arco OSG proporcionarían un mínimo ángulo de elevación superior a 25° a lo largo de la zona de medición de Europa. En ausencia de discriminación por polarización entre satélites adyacentes que dan servicio a la misma zona, y para tener en cuenta la posible falta de homogeneidad entre los satélites, para este modelo del SFS se ha supuesto una separación orbital de 4° . Dado que normalmente no son posibles las transmisiones en el mismo canal con haces de satélite superpuestos, se supone que, conforme a este modelo, la transmisión de enlace ascendente puede efectuarse en el canal de satélite de la frecuencia más elevada (es decir, el más cercano al borde de la banda del SETS) únicamente en la mitad de los haces puntuales de cada satélite del SFS.

Se supone que una estación terrena de enlace ascendente del SFS está ubicada en el centro de cada haz, y que el emparejamiento de estaciones terrenas de enlace ascendente del SFS y satélites receptores se efectúa de manera que las estaciones terrenas con haces adyacentes no transmiten hacia el mismo satélite. Esto significa que 17 ó 18 estaciones terrenas de la zona de medición de Asia y 24 estaciones terrenas de la zona de medición de Europa, distribuidas a través de la zona de servicio indicada, transmiten a cualquier posición de satélite del SFS dada en el canal de frecuencias del SFS más cercano a la banda del sensor pasivo. Con arreglo a este modelo, se supone que la dirección de puntería de cada uno de los haces de satélite es fija. Si el satélite del SFS emplea técnicas para cambiar la dirección de puntería del haz, habrá que modificar este modelo de simulación y probablemente las FDA de las interferencias resultantes sean considerablemente diferentes de las que se indican más adelante.

Con el fin de determinar la FDA, para los modelos de instalación del SFS en banda ancha que se ilustran en las Figs. 10-8 y 10-9 se efectuó una simulación durante 16 días a intervalos de 200 ms cuando el sensor pasivo podía tomar puntos de muestra dentro de la zona de medición. En las Figs. 10-10 y 10-11 se ilustran las FDA de la interferencia causada por los enlaces ascendentes del SFS al sensor pasivo en la banda 50,2-50,4 GHz.

FIGURA 10-10

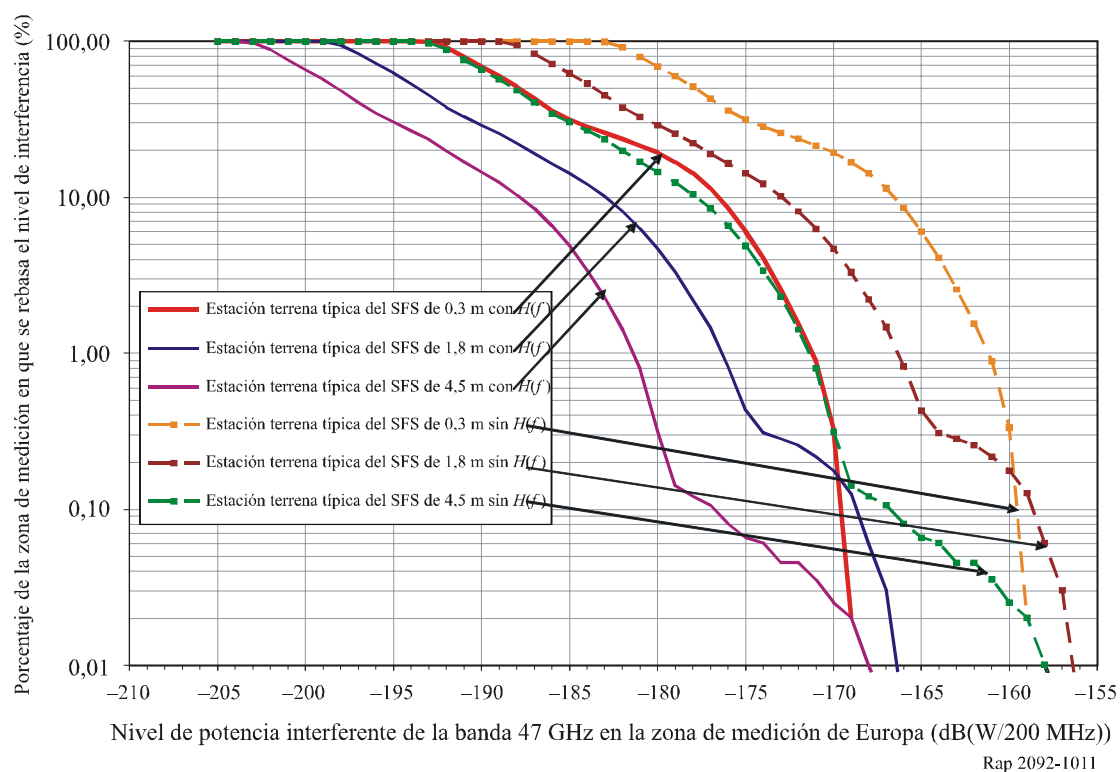
FDA de la interferencia del modelo del SFS en Asia



Rap 2092-1010

FIGURA 10-11

FDA de la interferencia del modelo del SFS en Europa



Rap 2092-1011

En los Cuadros 10-12 y 10-13 se comparan los resultados de estas simulaciones con el nivel de interferencia admisible para los sensores pasivos actuales especificado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2, suponiendo que no se efectúa ningún filtrado de la transmisión del enlace ascendente después de la modulación y una atenuación de 40 dB/década por el filtrado después de la modulación.

CUADRO 10-12

**Análisis de los resultados de la simulación
(sin filtrado posterior a la modulación)**

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	4,5M	1,8M	0,3M	4,5M	1,8M	0,3M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. de la emisión no deseada supuesta (dB(W/200 MHz)) sin filtrado posterior a la modulación	53,9	48,4	38,2	53,9	48,4	38,2
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-143	-146,5	-150,5	-158	-156,3	-159
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-166	-166	-166	-166	-166	-166

CUADRO 10-12 (*Fin*)

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	4,5M	1,8M	0,3M	4,5M	1,8M	0,3M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
Rebasamiento del nivel de interferencia admisible (dB)	23	19,5	15,5	8	9,7	7
p.i.r.e. de la emisión no deseada admisible (dB(W/200 MHz))	30,9	28,9	22,7	45,9	38,7	31,2

CUADRO 10-13

**Análisis de los resultados de la simulación
(con filtrado posterior a la modulación)**

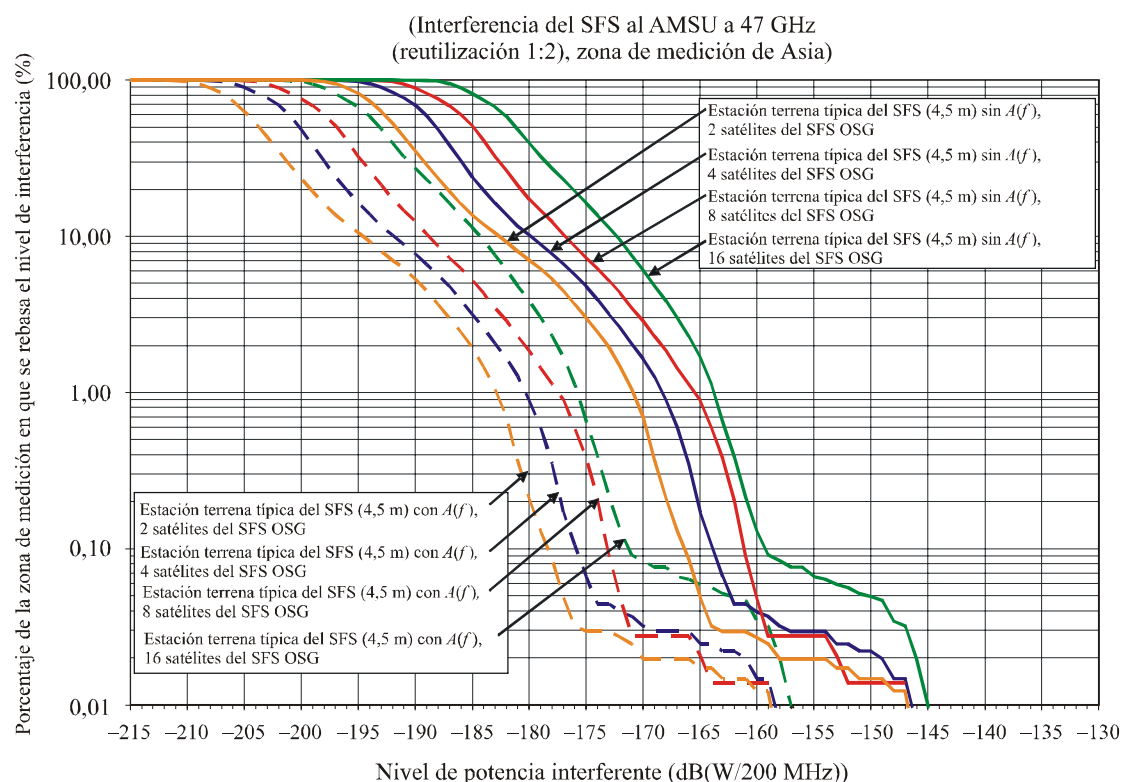
Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	4,5M	1,8M	0,3M	4,5M	1,8M	0,3M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. de la emisión no deseada supuesta (dB(W/200 MHz)) con filtrado posterior a la modulación	41,7	38,4	28,5	41,7	38,4	28,5
Nivel de interferencia rebasado en el 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-155	-156,3	-160,5	-168	-166,3	-169
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-166	-166	-166	-166	-166	-166
Rebasamiento del nivel de interferencia admisible (dB)	11	9,7	5,5	-2	-0,3	-3
p.i.r.e. de la emisión no deseada admisible (dB(W/200 MHz))	30,7	28,7	23	43,7	38,7	31,5

Se efectuaron simulaciones adicionales en la zona de medición de Asia para determinar la sensibilidad de los resultados frente a las hipótesis del modelo de instalación sobre el número de satélites del SFS que atienden a estaciones terrenas en la zona de medición y el factor de reutilización de frecuencias entre los haces de satélite. En concreto, se efectuaron simulaciones concretamente para contemplar los casos de 16, 8, 4 y 2 satélites y para un factor de reutilización de frecuencias de 1:2 y 1:4 entre los haces de satélite. En las Figs. 10-12 y 10-13 se representan las FDA resultantes y en el Cuadro 10-14 se indican los niveles de p.i.r.e. de emisión no deseada requeridos para cumplir con los criterios de interferencia admisible señalados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2.

Cabe señalar que la reutilización de frecuencias y el número de satélites supuestos que se utilizaron en estas simulaciones tienen por objetivo definir un modelo de simulación para distribuir diferentes números de estaciones terrenas de enlace ascendente dentro de la zona de medición de 2 000 000 km² que se supone que funcionan en el canal de satélite más próximo al borde de la banda del SFS adyacente a la banda del SETS (pasivo). Aunque los parámetros se han obtenido a partir de las notificaciones de coordinación de la UIT, estos modelos de simulación representan un límite superior de la posible densidad de instalación de estaciones terrenas de enlace ascendente en esta banda, a pesar de que sea poco probable alcanzar en la práctica las densidades más altas (especialmente las basadas en un factor de reutilización de frecuencias 1:2). No obstante, cabe destacar asimismo que pese a esta amplia variación en cuanto a las densidades de instalación de estaciones terrenas, que va de 24 a 280 por 2 000 000 km², sólo hay una variación del 1,8 a 3,3 dB en el valor de la p.i.r.e. admisible de las emisiones no deseadas para cualquier configuración de enlace ascendente supuesta que figura en el Cuadro 10-14.

FIGURA 10-12a

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de gran capacidad
(factor de reutilización 1:2)**



Rap 2092-1012a

FIGURA 10-12b

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad media
(factor de reutilización 1:2)**

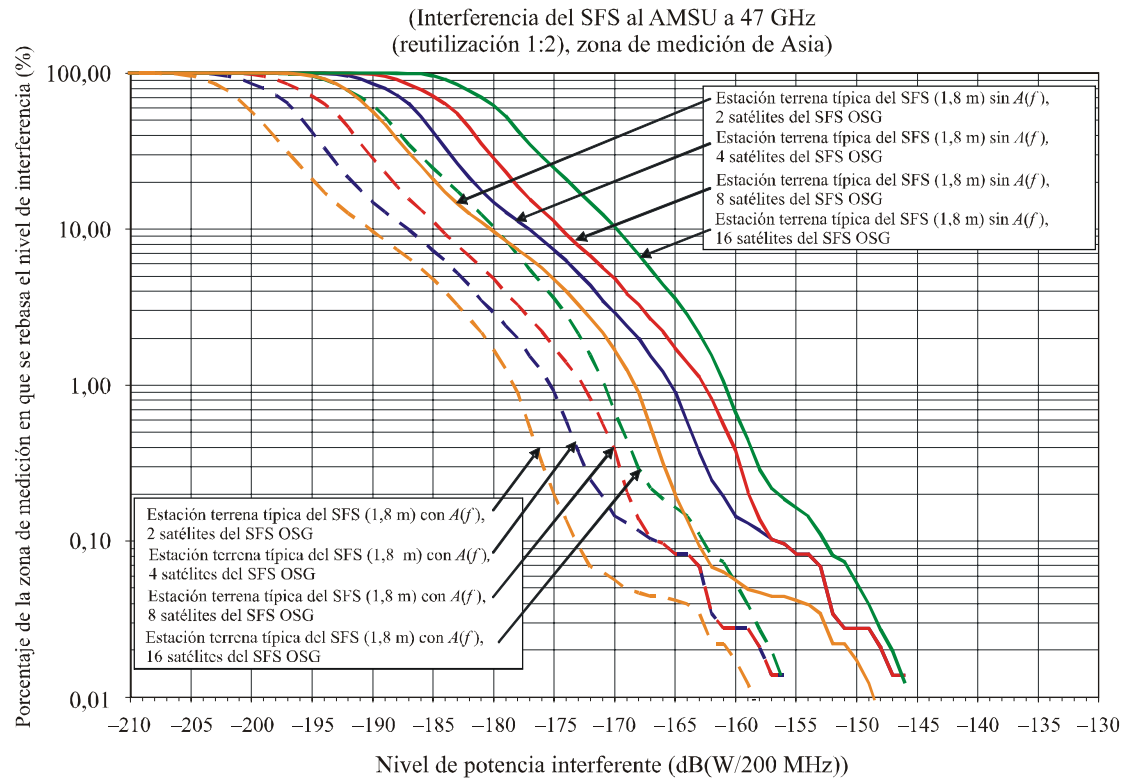


FIGURA 10-12c

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad baja
(factor de reutilización 1:2)**

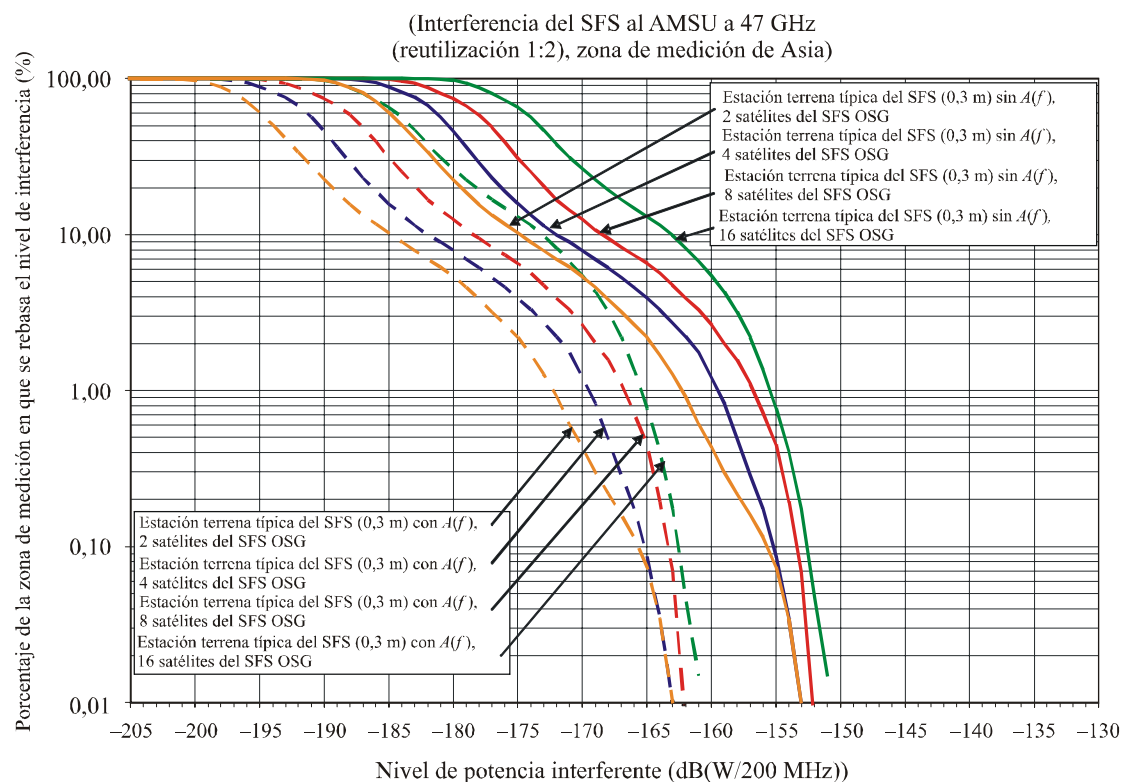
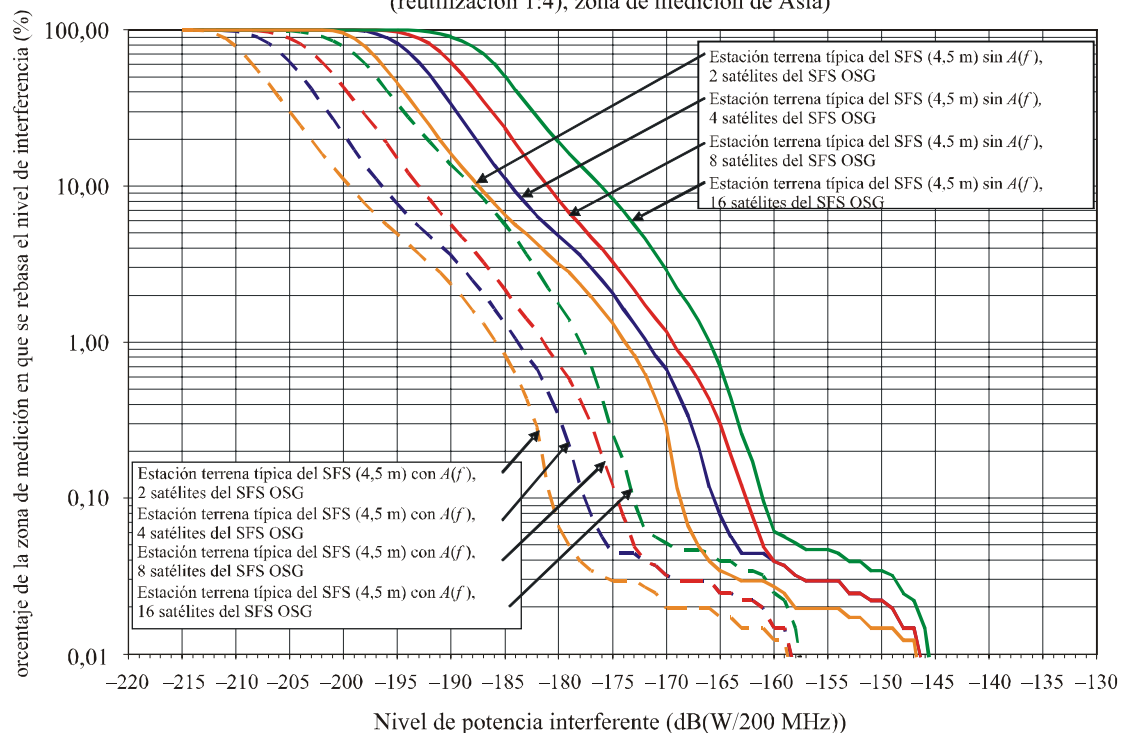


FIGURA 10-13a

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de gran capacidad
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 47 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)

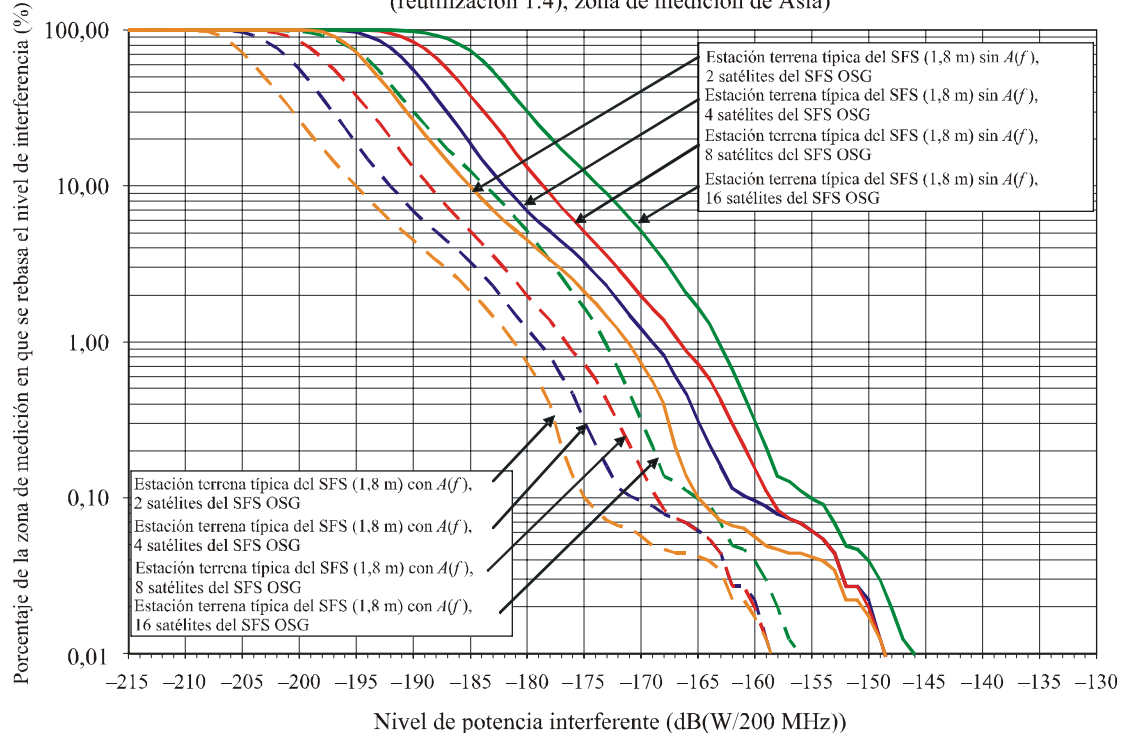


Rap 2092-1013a

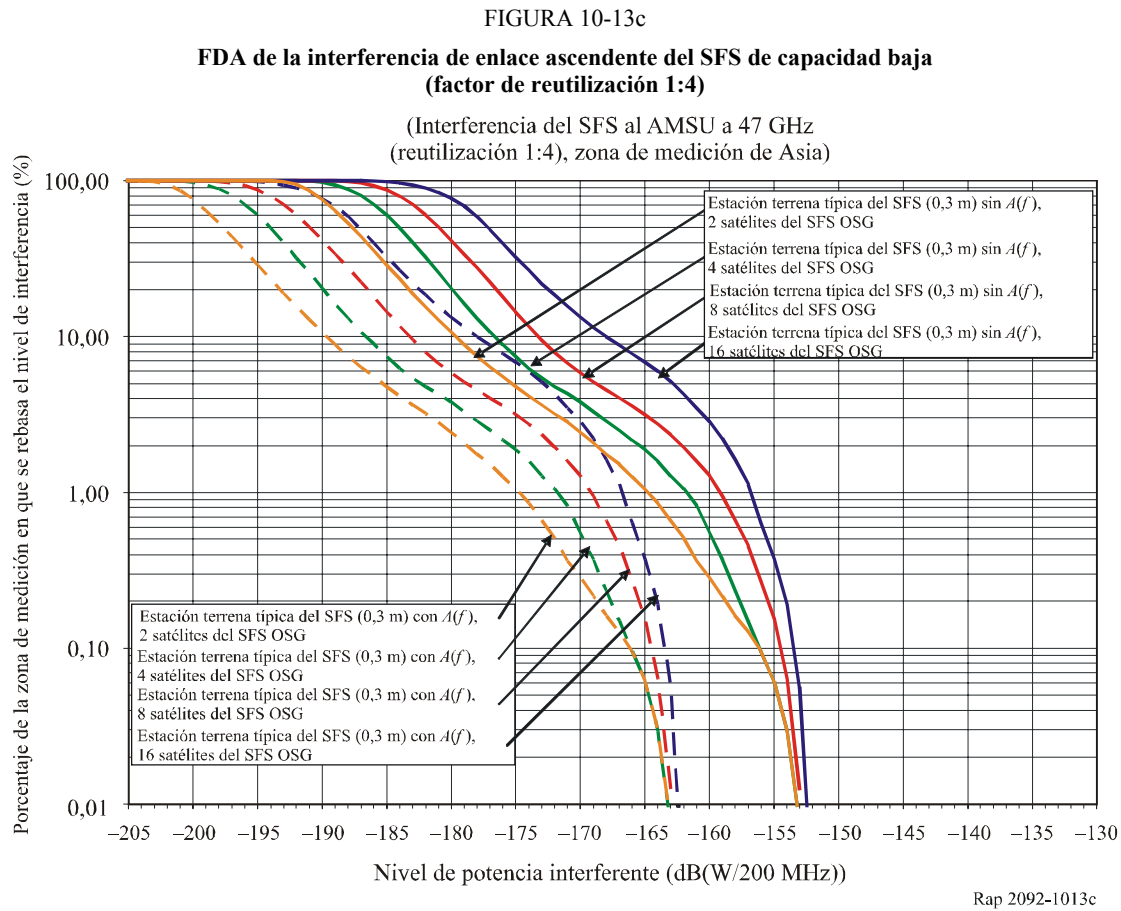
FIGURA 10-13b

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad media
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 47 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)



Rap 2092-1013b



CUADRO 10-14

Niveles admisibles de la p.i.r.e. de emisiones no deseadas
para diversas hipótesis de enlace ascendente

Nivel admisible de la p.i.r.e. de emisiones no deseadas (dB(W/200 MHz)) para el caso de una estación terrena de enlace ascendente	Factor de reutilización 1:4				Factor de reutilización 1:2			
	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS
Estación terrena típica del SFS (0,3 m) con $A(f)$	24,9	25,5	25,7	25,7	23,1	24,7	25,5	25,5
Estación terrena típica del SFS (1,8 m) con $A(f)$	28,5	31,2	31,2	31,2	27,9	28,2	28,2	30,9
Estación terrena típica del SFS (4,5 m) con $A(f)$	33,5	34,2	34,2	34,5	32,7	34,2	34,2	34,5

CUADRO 10-14 (*Fin*)

Nivel admisible de la p.i.r.e. de emisiones no deseadas (dB(W/200 MHz)) para el caso de una estación terrena de enlace ascendente	Factor de reutilización 1:4				Factor de reutilización 1:2			
	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS
Estación terrena típica del SFS (0,3 m) sin $A(f)$	24,7	25,2	25,4	25,4	22,9	24,4	25,2	25,2
Estación terrena típica del SFS (1,8 m) sin $A(f)$	28,5	31,1	31,1	31,1	27,9	28,2	28,2	31,0
Estación terrena típica del SFS (4,5 m) sin $A(f)$	33,5	34,4	34,4	34,7	32,9	34,4	34,4	34,7

Algunos de los resultados de los estudios que se indican en el Cuadro 10-14 se basaron en hipótesis muy conservadoras, como por ejemplo la de que cada satélite tenga el máximo número posible de haces dentro del área de 2 000 000 km², el doble de reutilización de frecuencias, hasta 16 satélites proporcionando la misma zona de cobertura, etc. En realidad, el sistema de satélites del SFS no estaría en condiciones de funcionar en todas esas condiciones. Para la instalación de otros tipos de estaciones terrenas del SFS, los niveles admisibles de emisiones no deseadas podrían ser superiores a los que se indican en el Cuadro 10-14.

10.5 Técnicas de reducción de la interferencia

10.5.1 SETS (pasivo)

Los sensores pasivos actuales y futuros integran la señal recibida en el satélite y no es posible distinguir entre las emisiones naturales y artificiales. No existe ninguna técnica de eficacia demostrada para identificar las mediciones de los sensores pasivos degradadas por la interferencia y disminuir los efectos de esas mediciones erróneas en las predicciones meteorológicas o en otros estudios científicos para los cuales se utilizan esos datos.

10.5.2 SFS

La mayoría de los sistemas del SFS funcionan o tienen previsto funcionar utilizando filtros antes y después de la modulación. Todas las estaciones terrenas del SFS emplean filtros antes de la modulación, y se ha proporcionado información sobre la utilización de filtros posteriores a la modulación en algunos sistemas del SFS contemplados en los estudios de simulación. Cuando no se dispuso de información se utilizaron los modelos genéricos mencionados en la metodología descrita en el § 2 para determinar cuál es el grado de atenuación que se aplica a las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda del SETS (pasivo) para otros casos.

10.5.3 Posibles repercusiones

10.5.3.1 SETS (pasivo)

Si la interferencia rebasa los niveles admisibles, se corre el riesgo de obtener mediciones erróneas en diversas zonas, lo que podría afectar la fiabilidad de las predicciones meteorológicas o de otras aplicaciones científicas para las que se utilizan los datos del sensor.

10.5.3.2 SFS

Está previsto que los sistemas del SFS utilicen filtros antes y después de la modulación y, en algunos casos, esos filtros son más eficaces en lo que respecta a la atenuación de las emisiones no deseadas. Cabe señalar que no se prevé ningún filtrado adicional u otra técnica de reducción de la interferencia. Por lo tanto, la futura instalación de sistemas del SFS no se verá limitada en esta banda.

10.6 Resultados de los estudios

10.6.1 Resumen

Se han considerado dos simulaciones dinámicas para determinar los niveles previstos de emisiones no deseadas procedentes de los enlaces ascendentes del SFS en la banda 47,2-50,2 GHz que afectan a los receptores del SETS (pasivo) en la banda 50,2-50,4 GHz. En cada uno de estos estudios se identificaron los niveles de potencia de las emisiones no deseadas para los cuales no se rebasa el nivel de interferencia admisible combinado del sensor pasivo indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para el modelo de instalación del SFS y los parámetros supuestos a efectos de la simulación. Los resultados de esos estudios se resumen en el Cuadro 10-15.

CUADRO 10-15

Resumen de los resultados de las simulaciones dinámicas

Sensor pasivo	Sistema del SFS	Configuración del enlace ascendente del SFS	Máxima potencia de la emisión no deseada dentro de la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Relación de potencia de la emisión no deseada ⁽¹⁾ (dB)	Factor de reducción de la potencia de la emisión no deseada disponible ⁽²⁾
Barrido transversal	Sistema del SFS OSG de tipo 1	5 enlaces ascendentes del SFS para 5 OSG	-31,2	43	23 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal	Sistema del SFS OSG de tipo 3	5 enlaces ascendentes del SFS para 5 OSG	-10	21	21 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal	Sistema del SFS OSG de tipo 4	5 enlaces ascendentes del SFS para 5 OSG	-11,2	23	22 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de conformidad con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal	Sistema no OSG MEOSAT del SFS	6 enlaces ascendentes del SFS para 8 no OSG (MEO)	-23	41	20 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de conformidad con la metodología ⁽³⁾

CUADRO 10-15 (*Fin*)

Sensor pasivo	Sistema del SFS	Configuración del enlace ascendente del SFS	Máxima potencia de la emisión no deseada dentro de la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Relación de potencia de la emisión no deseada ⁽¹⁾ (dB)	Factor de reducción de la potencia de la emisión no deseada disponible ⁽²⁾
AMSU	10 satélites OSG entre 1° W y 35° E	24 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos a lo largo de 2 000 000 km ² en la zona de medición de Europa (240 en total)	−10,7/−18,8/−19,5 dependiendo del tipo de estación terrena	31,2/38,7/45,9 23,2/23,2/22,2 dependiendo del tipo de estación terrena	25,9/23,5/26,4 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$, y filtrado posterior a la modulación $A(f)$
					16,2/13,5/14,2 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$
AMSU	16 satélites OSG entre 72° E y 132° E	17 ó 18 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos a lo largo de los 2 000 000 km ² de la zona de medición de Asia (280 en total)	−19,2/−28,6/−34,5 dependiendo del tipo de estación terrena	22,7/28,9/30,9 dependiendo del tipo de estación terrena	25,9/23,5/26,4 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$, y filtrado posterior a la modulación $A(f)$
					16,2/13,5/14,2 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$

(1) Relación entre la potencia de transmisión total y la potencia de emisión no deseada en la banda pasiva.

(2) Para los estudios sobre barrido transversal, los valores se obtuvieron a partir de fórmulas contenidas en la metodología; para los estudios sobre AMSU los valores se obtuvieron a partir del Cuadro 10-6.

(3) La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable está basada en la utilización combinada de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha determinado que la máscara consignada en dicha Recomendación sobreestima la potencia fuera de banda; esto sigue ocurriendo aunque se utilicen conjuntamente la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se prevé que la utilización conjunta de una forma de espectro tal como $(\text{sen } x/x)^2$, junto con un filtrado posterior a la modulación como el que se caracteriza en la ecuación (1) del § 10.2.4.2, contribuirá a facilitar apreciablemente la compatibilidad (para mayores detalles véase también el § 2).

Se efectuaron dos series de simulaciones dinámicas para determinar los niveles de interferencia que podrían producir las emisiones no deseadas de los enlaces ascendentes del SFS a un sensor pasivo. Como resultado de una serie de simulaciones dinámicas de la interferencia provocada a un sensor pasivo se llegó a la conclusión de que el SFS podría rebasar los criterios de interferencia conjunta admisible del SETS (pasivo) si las potencias de las emisiones no deseadas excedían de −34,5 a −10,7 dB(W/200 MHz) en un amplio despliegue de un gran número de estaciones terrenas del SFS con parámetros similares a los propuestos en las recientes notificaciones de satélite recibidas por el UIT-R. En lo tocante a la p.i.r.e. de la emisión no deseada, esta gama va de 22,7 a 45,9 dB(W/200 MHz).

De otra serie de simulaciones dinámicas realizadas utilizando futuros sensores pasivos y algunas estaciones terrenas de anchura de banda amplia se llegó a la conclusión de que una limitación de la potencia de emisión aplicada en el puerto de la antena, de un valor entre −31,2 y −10 dB(W/200 MHz) dentro de la banda pasiva para un único sistema del SFS OSG o no OSG permitiría proteger a la banda 50,2-50,4 GHz del SETS (pasivo) contra las emisiones no deseadas generadas por los enlaces ascendentes del SFS que funcionan dentro de la banda 47,2-50,2 GHz, para una ganancia típica de antena de estación terrena comprendida entre 55 y 70 dBi.

10.6.2 Conclusiones

Un estudio representa un límite superior en las densidades de instalación de sistemas de enlace ascendente del SFS, y es poco probable que en la práctica se alcancen las densidades más altas supuestas en las simulaciones. En el segundo estudio se supone una baja densidad de estaciones terrenas de enlace ascendente, en comparación con las densidades de instalación alcanzadas en otras bandas del SFS, con el riesgo de que los niveles de interferencia de las emisiones no deseadas causada al SETS (pasivo) podrían resultar superiores a los determinados en dicho estudio. En el primer estudio se llega a la conclusión de que unas densidades de potencia de transmisión de estación terrena del SFS para las emisiones no deseadas entre -20 y -10 dB(W/200 MHz) causarían unos niveles de interferencia que rebasarían los criterios de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) en el caso de algunos modelos de instalación del SF, pero aún permitirían a los sensores del SETS (pasivo) efectuar sus funciones de manera aceptable. Esos niveles de emisiones no deseadas de las estaciones terrenas del SFS podrían lograrse mediante una combinación de configuración espectral y filtrado posterior a la modulación.

En el segundo estudio se llega a la conclusión de que, teniendo en cuenta los resultados de las diferentes simulaciones y su correspondiente evaluación de la atenuación, para lograr la compatibilidad es necesario limitar en los enlaces ascendentes del SFS en la banda 47,2-50,2 GHz el nivel de potencia de las emisiones no deseadas en el puerto de la antena a -20 dB(W/200 MHz) dentro de la banda 50,2-50,4 GHz. Cabe señalar que los sistemas del SFS contemplados en este estudio pueden respetar ese nivel de emisión no deseada propuesto.

11 Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 50,2-50,4 GHz y sistemas del SFS (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 50,4-51,4 GHz

11.1 SETS (pasivo)

11.1.1 Banda atribuida

En el Cuadro 11-1 se indican las atribuciones adyacentes a la banda pasiva del SETS de 50,2-50,4 GHz. Cabe señalar que la banda 50,2-50,4 GHz está protegida por el número 5.340 del RR y también se aplica el número 5.340.1 del RR.

CUADRO 11-1

Atribuciones de banda adyacente

Banda pasiva	Servicios en la banda atribuida superior
50,2-50,4 GHz	50,4-51,4 GHz
EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo) 5.340 5.555A	FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Móvil por satélite (Tierra-espacio)

11.1.2 Aplicación

Ésta es una de las diversas bandas entre 50 GHz y 60 GHz que se utilizan colectivamente para proporcionar perfiles de temperatura tridimensionales de la atmósfera. La banda 50,2 a 50,4 GHz es un «canal de ventana» que puede utilizarse para medir emisiones procedentes de la superficie de la Tierra. No sólo se emplea para calibrar las mediciones de temperatura del oxígeno en la gama de 50 a 60 GHz sino también para calibrar las mediciones de vapor de agua realizadas en las proximidades de 23,8 GHz.

Estas mediciones se aplican a los modelos numéricos de predicción del tiempo. El modelo necesita recogida de datos cada 6 h y se utiliza para predicciones meteorológicas de pequeñas zonas (10 km o menos) en un tiempo breve (6 h a 48 h).

11.1.3 Criterios de protección requeridos

La Recomendación UIT-R RS.1029-2 proporciona el criterio de interferencia para la teledetección pasiva por satélite. La potencia de interferencia admisible recibida por el sensor del SETS procedente de todas las fuentes interferentes es de -166 dBW en una anchura de banda de referencia de 200 MHz, con una disponibilidad de datos del 99,99% de acuerdo con la Recomendación UIT-R RS.1028-2. La correspondiente zona de medición es un cuadrado sobre la superficie de la Tierra de $2\,000\,000\text{ km}^2$, a menos que se justifique otro valor.

11.1.4 Características de funcionamiento

En este punto se han considerado dos tipos de diseños de sensor. Uno es el explorador de barrido transversal a la trayectoria, tal como el sensor AMSU-A operativo actualmente, que explora a través del nadir. El otro es el sensor de barrido transversal propuesto que utiliza múltiples haces fijos a través de su trayectoria. El sensor de barrido transversal es un instrumento configurado para medir en un plano normal al vector velocidad del satélite. Cabe señalar que el explorador de barrido transversal representa el futuro en sondeos por microondas. Presenta la ventaja específica de optimizar el tiempo de integración. En el Cuadro 11-2 aparecen las características de funcionamiento de los dos sensores estudiados: el AMSU-A y el de barrido transversal. La configuración en órbita se ilustra en la Fig. 11-1 para el sensor de barrido transversal.

CUADRO 11-2

Parámetros de los sensores del nadir

Parámetros	AMSU-A	Barrido transversal
Tipo de exploración	Mecánica	Electrónica
Ganancia de la antena principal (dBi)	36	45
Anchura de haz a potencia mitad a -3 dB (grados)	3,3	1,1
Tamaño del píxel perpendicular a la trayectoria del satélite (km)	45	16
Barrido útil (km)	2 300	2 300
Órbita	Polar heliosíncrona	Polar heliosíncrona
Altitud del sensor (km)	850	850
Inclinación (grados)	98,8	98,8
Periodo orbital (minutos)	102	102

CUADRO 11-2 (*Fin*)

Parámetros	AMSU-A	Barrido transversal
Ganancia de antena de calibración de espacio frío (dBi)	36	35
Ángulo de calibración de espacio frío con respecto a la trayectoria del satélite (grados)	90	90
Ángulo de calibración de espacio frío con respecto a la dirección del nadir (grados)	83	83
Diámetro del reflector (m)	0,28	0,9

La antena del sensor AMSU completa cada 8 s una rotación en torno a su eje que está alineado con el vector velocidad del satélite. El haz principal de la antena del sensor está apuntado en ángulo recto a partir del eje de rotación de manera que el haz pasa a través del punto subsatelital durante cada ciclo de exploración. Durante este ciclo, el haz recorre 30 ángulos de puntería equiespaciados entre $\pm 48,33^\circ$ desde el nadir en intervalos de tiempo de 200 ms para llevar a cabo las mediciones. La calibración en caliente y en frío se lleva a cabo durante los restantes 2 s del ciclo de exploración de 8 s. En la Fig. 11-2 aparece el diagrama de ganancia de antena del sensor AMSU.

FIGURA 11-1

Configuración orbital del sensor de nadir de barrido transversal

(Configuración orbital de la sonda pasiva de barrido transversal)

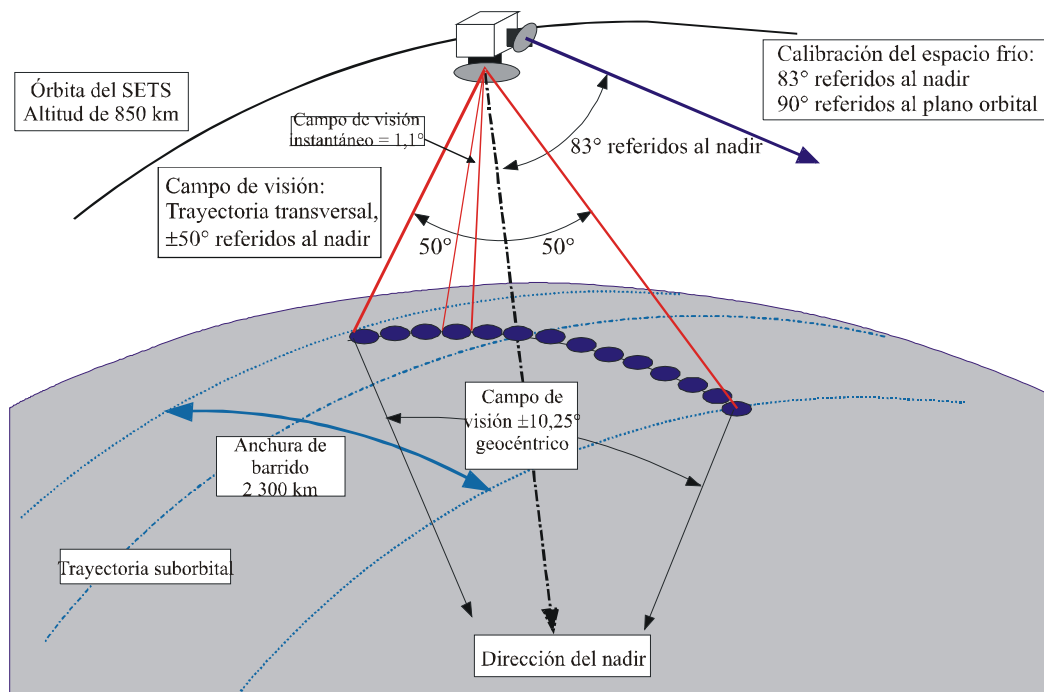
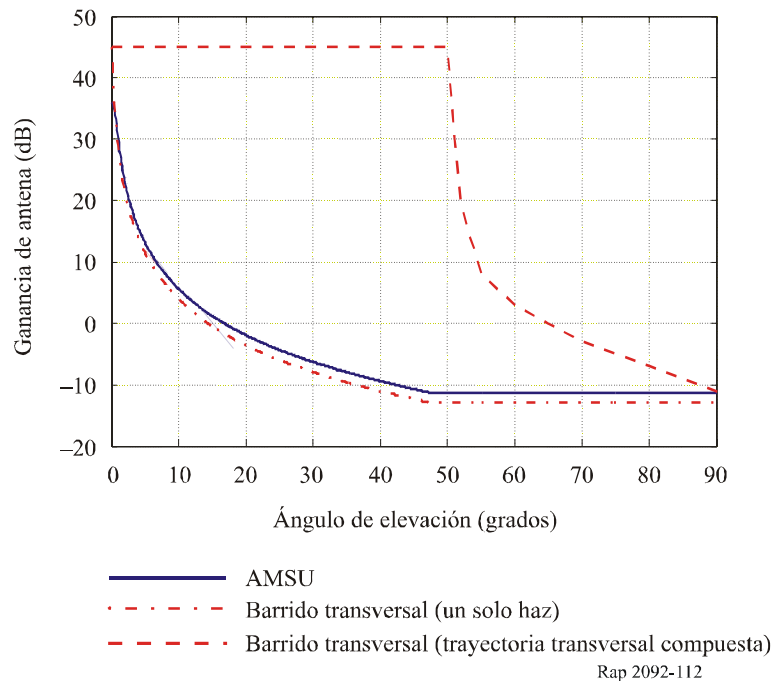


FIGURA 11-2

**Diagrama de ganancia de antena del radiómetro AMSU,
del sensor de barrido transversal (un solo haz)
y del sensor de barrido transversal
(trayectoria transversal compuesta)**



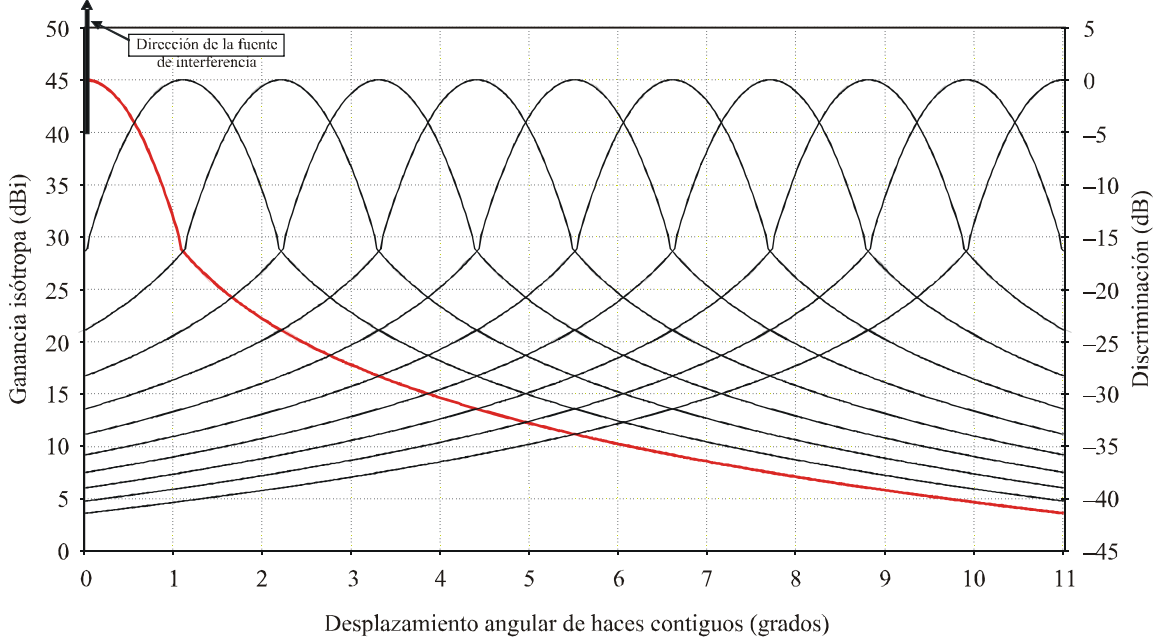
Se ha propuesto un sensor de barrido transversal que tiene haces fijos que realizan un barrido similar al AMSU-A. El barrido transversal es un instrumento puramente estático sin partes móviles. La característica principal del mismo es que todos los píxeles en una línea explorada se adquieren de forma simultánea y no secuencialmente como sucede en el caso de los sensores de exploración mecánica (por ejemplo, los de tipo AMSU), permitiendo de esa forma aumentar de manera significativa el tiempo de integración y la resolución radiométrica obtenible.

El sistema de antena de barrido transversal está compuesto de unos 90 haces individuales y el diagrama compuesto en forma de abanico cubre un ángulo de trayectoria transversal de 100° centrado en el punto subsatelital. Cada haz tiene una ganancia isótropa de 45 dBi y una anchura de haz a potencia mitad de aproximadamente $1,1^\circ$. El diagrama de antena de cada haz se supone conforme a la Recomendación UIT-R F.1245-1. La Fig. 11-2 presenta el diagrama de ganancia de antena para un haz individual así como un diagrama compuesto utilizado para simplificar los cálculos de interferencia en el modelo de simulación número 1. Este diagrama compuesto consiste en una envolvente de las ganancias de cresta de los haces individuales a lo largo del eje de trayectoria transversal del sensor y el diagrama del haz individual a lo largo del eje de dirección de vuelo del satélite. En la Fig. 11-3 se representa la estructura detallada de los diagramas de antena de los primeros 11 haces contiguos a lo largo de un lado del eje de trayectoria transversal del sensor.

FIGURA 11-3

Estructura detallada del diagrama de antena de barrido transversal compuesto y discriminación

(Sonda de barrido transversal del nadir: diagrama de antena compuesto y discriminación)
(Ganancia de 45 dBi, Recomendación UIT-R F.1245)



Rap 2092-113

La discriminación entre haces de antena contiguos se ilustra también en la Fig. 11-3 (eje a la derecha del gráfico). Considerando el haz de antena dirigido a la fuente de interferencia como el *haz de referencia* (0 dB), el valor numérico de la discriminación proporcionada por los diagramas individuales en los siguientes 10 haces continuos a cada lado del *haz de referencia* se indica en el Cuadro 11-3. Este parámetro es importante al considerar la interferencia producida por una estación terrena que atraviese el plano de exploración del sensor pasivo.

CUADRO 11-3

Discriminación entre haces de antena contiguos

Haz	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discriminación (dB)	0	-16,4	-23,9	-28,3	-31,4	-33,8	-35,8	-37,5	-38,3	-40,2	-41,4

Como todos los haces se activan simultáneamente y la discriminación entre haces adyacentes no es infinita, la consecuencia es que, dependiendo de su magnitud y de la configuración geométrica, la interferencia puede afectar simultáneamente a varios haces contiguos.

El punto 8 aborda el análisis de compatibilidad entre las bandas activa y pasiva en torno a 30 GHz y demuestra que la utilización de la representación compuesta de la antena de barrido transversal o de la estructura detallada es equivalente. Por lo tanto, para mayor sencillez, se propone emplear en el análisis dinámico la representación compuesta de la antena de barrido transversal.

11.2 SFS

11.2.1 Banda de transmisión atribuida

Véase el Cuadro 11-1.

11.2.2 Aplicación

El servicio activo considerado en este capítulo es el SFS (Tierra-espacio) en la banda 50,4-51,4 GHz.

11.2.3 Representación de los espectros de emisión no deseada

Véase el § 2, en particular el apéndice técnico que aparece en el § 2.3.

11.2.4 Características del transmisor

11.2.4.1 Parámetros de la estación terrena de enlace ascendente en el estudio de simulación dinámica N° 1

Las características supuestas para el SFS en la simulación dinámica N° 1 aparecen en el Cuadro 11-4 que presenta las características del sistema de satélites que deben considerarse en los análisis de compartición de frecuencias entre sistemas de satélites OSG y no OSG del SFS, incluidos los enlaces de conexión para el SMS.

CUADRO 11-4

Características de las estaciones terrenas de enlace ascendente OSG en el modelo de instalación 1

	SFS modelo 1 Enlace ascendente N° 1	SFS modelo 1 Enlace ascendente N° 2	SFS modelo 2
Modulación	MDP-4	MDP-4	MDP-4
Anchura de banda necesaria (MHz)	492	252	500
p.i.r.e. (dBW)	75,9	69,8	83,9
Ganancia de antena (dBi)	60,9	55,8	64,8
Diagrama de antena de referencia	Recomendación UIT-R S.465	Recomendación UIT-R S.465	Recomendación UIT-R S.465
Potencia del transmisor (dBW)	15	13,2	19,1

11.2.4.2 Parámetros de las estaciones terrenas de enlace ascendente en el estudio de simulación dinámica N° 2

Esta simulación utiliza los parámetros de estación terrena considerados típicos en una amplia gama de parámetros de satélite y de estación terrena especificados en las notificaciones de coordinación de satélites. Las anchuras de banda del transpondedor oscilan entre 250 y 1 000 MHz y las temperaturas de ruido del sistema de recepción del satélite van de 650 a 1 100 K. Las estaciones terrenas de enlace ascendente en estas redes de satélites tienen tamaños que van de 0,3 a 13 metros de diámetro, las anchuras de banda de emisión van de 103 kHz a 830 MHz y la relación C/N de enlace ascendente oscila entre 5,7 a 20 dB, como queda reflejado en las notificaciones de esos satélites. Los niveles de potencia máximo y mínimo para cada emisión también varían en una amplia gama de valores, incluyendo diferencias mayores a 30 dB en algunos casos. Dentro de estas gamas de parámetros se seleccionó una combinación de los mismos correspondientes a estaciones terrenas de capacidad «pequeña», «media» y «alta», y se calcularon unos niveles de potencia de transmisión en condiciones de cielo despejados para producir una C/N especificada en una estación terrena ubicada en el centro de la zona de medición transmitiendo hacia el satélite más alejado y suponiendo una temperatura de ruido del sistema de recepción del satélite de 800 K. En el

Cuadro 11-5 figuran los valores de los parámetros y los cálculos del nivel de potencia de transmisión de portadora para estas tres estaciones terrenas típicas.

Estos niveles de potencia de transmisión de enlace ascendente calculados se han corregido mediante un factor a fin de tener en cuenta la cantidad de potencia de emisión no deseada que cae en la banda del sensor pasivo 50,2-50,4 GHz cuando la frecuencia de portadora del enlace ascendente del SFS se encuentra en el borde de la banda del SFS más próxima a la banda del sensor pasivo. Este factor se define como la relación entre la potencia de emisión no deseada que cae dentro de la anchura de banda del receptor víctima (por ejemplo, el sensor pasivo) (esta anchura de banda se ha obtenido mediante integración numérica de la señal filtrada y sin filtrar a lo largo de la región del espectro adecuada) y la potencia de transmisión total. La representación del espectro supuesto incluye una forma de espectro $(\sin(x)/x)^2$ de una emisión MDP-4 con una velocidad de símbolos igual a la anchura de banda especificada. En algunos casos, también se ha supuesto la siguiente característica de atención debida al filtrado postmodulación al calcular la potencia de emisión no deseada que cae dentro de la anchura de banda del sensor pasivo:

$$A(f) = 40 \log_{10} |(f - f_c) / (f_c - 50,4)| + 8 \quad (1)$$

Se realizaron simulaciones para las potencias de emisión no deseadas basándose en el caso de únicamente la forma de espectro $(\sin(x)/x)^2$ de una emisión MDP-4 sin filtrado postmodulación y también el caso que incluía una atenuación de 40 dB por década debido al filtrado postmodulación.

CUADRO 11-5

Parámetros de la estación terrena de enlace ascendente del SFS

Estación terrena típica	0,3 m	1,8 m	4,5	metros
<i>C/n</i> deseada	15	18	18	dB
Margen	0	0	0	
Ganancia de antena de la estación terrena	41,9	57,5	65,4	dBi
Anchura de banda de la emisión del enlace ascendente	9,6	27	112	MHz
Potencia del enlace ascendente requerida	12,5	4,4	2,7	dBW
Anchura de banda del transpondedor	250	250	250	MHz
Frecuencia central del transpondedor	50 525	50 525	50 525	MHz
Frecuencia portadora del enlace ascendente	50 410	50 415	50 460	MHz
Potencia de emisión no deseada con $A(f)$ (en la banda 50,2-50,4 GHz)	-13,7	-19,3	-23,7	dB(W/200 MHz)
Factor de emisión no deseada con $A(f)$	-26,3	-23,7	-26,4	dB
p.i.r.e. de emisión no deseada con $A(f)$ (en la banda 50,2-50,4 GHz)	28,2	38,2	41,7	dB(W/200 MHz)
Potencia de emisión no deseada sin $A(f)$ (en la banda 50,2-50,4 GHz)	-3,9	-9,1	-11,5	dB(W/200 MHz)
Factor de emisión no deseada sin $A(f)$	-16,5	-13,6	-14,2	dB
p.i.r.e. de emisión no deseada sin $A(f)$ (en la banda 50,2-50,4 GHz)	38,0	48,4	53,9	dB(W/200 MHz)

11.3 Umbral de interferencia

La interferencia se recibe potencialmente de varias fuentes procedentes de múltiples servicios funcionando simultáneamente. El valor indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 (para una banda específica) es el máximo nivel de interferencia admisible causada al sensor pasivo por todas las fuentes de interferencia.

Este Capítulo presenta un análisis de la interferencia generada por un solo servicio activo y utiliza el criterio especificado en el § 11.1.3 para determinar el umbral de interferencia.

11.4 Evaluación de la interferencia

Se realizaron simulaciones dinámicas para determinar la función de distribución acumulativa de los niveles de potencia no deseada recibidos por un sensor pasivo en una zona de medición de 2 000 000 km² suponiendo un funcionamiento cofrecuencia. Se consideraron dos estudios de simulación dinámica que cubrieron una amplia gama de modelos de instalación de estaciones terrenas.

11.4.1 Estudio de simulación dinámica N° 1

Esta simulación dinámica se realizó para el sensor de barrido transversal de los sistemas del SFS. El incremento de tiempo para estas simulaciones dinámicas fue de 500 ms. Las simulaciones se interrumpieron cuando la función de distribución acumulativa pasó a ser estable.

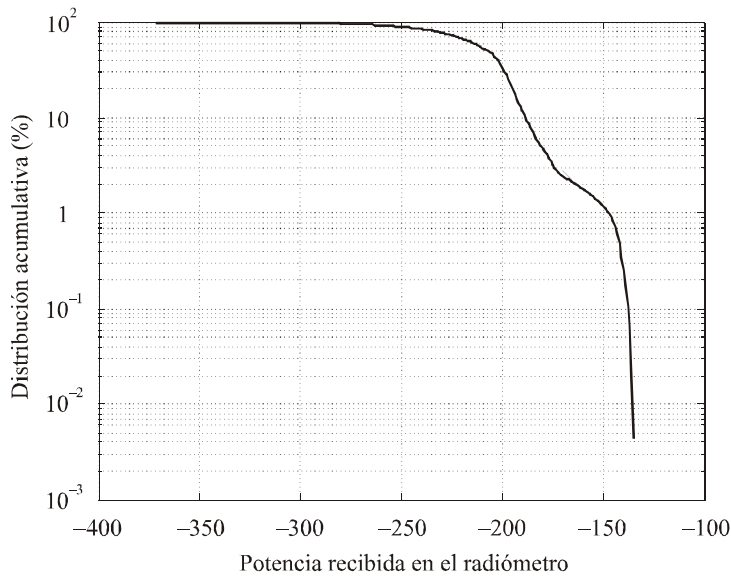
Se introdujo un factor de corrección de anchura de banda para tener en cuenta la diferencia entre la anchura de banda necesaria de los sistemas activos y la anchura de banda de referencia de los sistemas pasivos.

11.4.1.1 Sistemas del SFS que utilizan el modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 1

Se consideraron cinco satélites del SFS OSG con el modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 1, situados a las longitudes de 0°, 5°, 9°, 13° y 16°, respectivamente. Las estaciones en tierra asociadas se encontraban a esas mismas longitudes y a una latitud de 50° N. Los resultados aparecen en el Cuadro 11-6 y en la Fig. 11-4. Son válidos en una superficie de 2 000 000 km² que cubre Europa. Las características de los sistemas del SFS se describen en el Cuadro 11-4 en el que la p.i.r.e. de cada estación terrena es 75,9 dBW.

FIGURA 11-4

Función distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre sistemas del SFS con modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 1 y un sensor pasivo de barrido transversal



Rap 2092-114

CUADRO 11-6

Análisis dinámico entre sistemas del SFS con modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 1 y el SETS

Distribución acumulativa (%)	30	1	0,1	0,01	0,0004
Barrido transversal: potencia de interferencia correspondiente recibida por el SETS (dB(W/200 MHz))	-199	-148	-138	-136	-135

En ese caso, el factor de corrección de la anchura de banda es 4 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o a la zona en que puede rebasarse el umbral de interferencia, la potencia de interferencia indicada en el Cuadro 11-6 es $-136 - 4 = -140$ dBW, es decir, 26 dB superior al umbral de interferencia.

Por tanto, el máximo valor provisional que se considerará en estudios ulteriores para la banda pasiva con un solo sistema OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 45,9 \text{ dBW} \quad (71,9 \text{ dBW} - 26 \text{ dB})$$

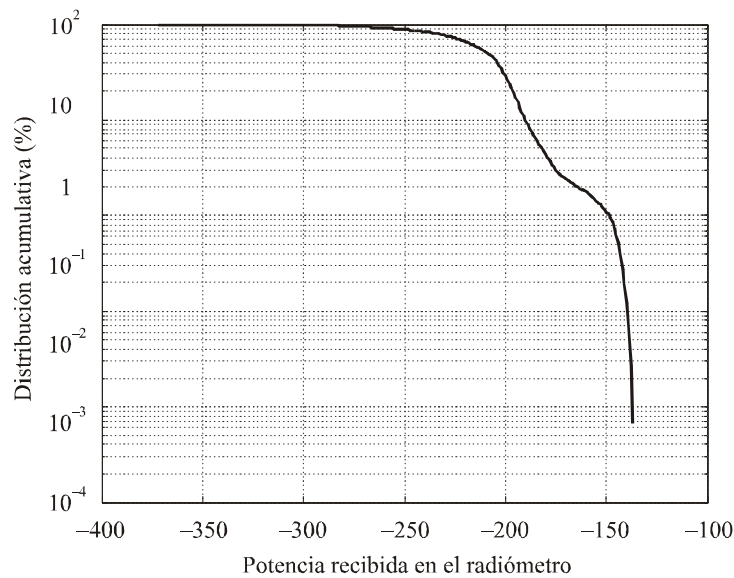
Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz y la ganancia de la antena es 60,9 dBi, la potencia en la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe rebasar el valor de -15 dBW en la anchura de banda de referencia de 200 MHz.

11.4.1.2 Sistemas del SFS que utilizan el modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 2

Se consideraron cinco satélites del SFS OSG con el modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 2, situados a las longitudes de 0°, 5°, 9°, 13° y 16°, respectivamente. Las estaciones en tierra asociadas se encontraban a las mismas longitudes y a una latitud de 50° N. Los resultados figuran en el Cuadro 11-7 y en la Fig. 11-5. Son válidos en una superficie de 2 000 000 km² que cubre Europa. Las características de los sistemas del SFS se describen en el Cuadro 11-4 en el que la p.i.r.e. de cada estación terrena es 69 dBW.

FIGURA 11-5

Función distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre sistemas del SFS con modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 2 y un sensor pasivo de barrido transversal



Rap 2092-115

CUADRO 11-7

Análisis dinámico entre sistemas del SFS con modelo de instalación 1, enlace ascendente N° 2 y el SETS

Distribución acumulativa (%)	40	4	1	0,1	0,01
Barrido transversal: potencia de interferencia correspondiente recibida por el SETS (dB(W/200 MHz))	-204	-179	-149	-140	-138

En ese caso, el factor de corrección de la anchura de banda es 1 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o a la zona en que puede rebasarse el umbral de interferencia, la potencia de interferencia indicada en el Cuadro 11-7 es $-138 - 1 = -139$ dBW, es decir, 27 dB superior al umbral de interferencia.

Por tanto, el máximo valor provisional que se considerará en estudios ulteriores para la banda pasiva con un solo sistema OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 41 \text{ dBW} \quad (68 \text{ dBW} - 27 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz y la ganancia de la antena es 55,8 dBi, la potencia en la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe rebasar el valor de -14,8 dBW en la anchura de banda de referencia de 200 MHz.

11.4.1.3 Resultados estadísticos de la simulación dinámica con sistemas del SFS OSG (SFS modelo 2)

Se consideran cinco satélites del SFS OSG situados a las longitudes de 0°, 8°, 16°, 24° y 32° respectivamente. Las estadísticas en tierra asociadas se encontraban en esas mismas longitudes y a una latitud de 50° N. Los resultados aparecen en el Cuadro 11-8 y en la Fig. 11-6. Son válidos en una superficie de 2 000 000 km².

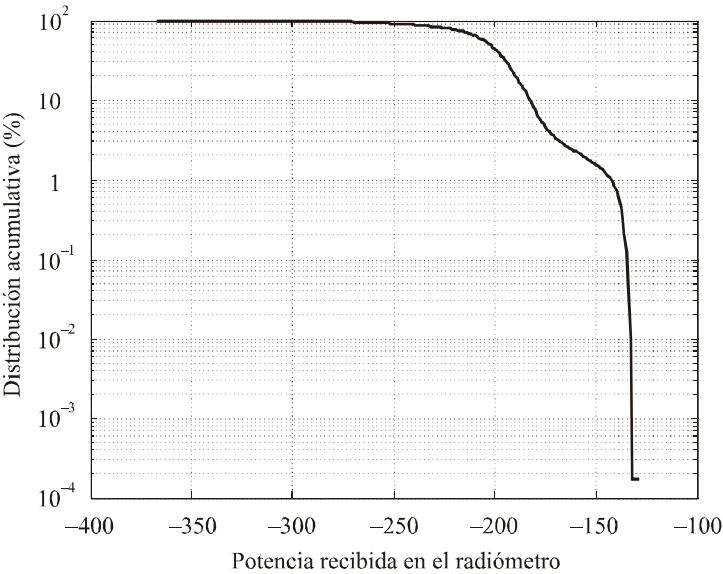
CUADRO 11-8

Análisis dinámico entre cinco sistemas del SFS OSG y el SETS

Distribución acumulativa (%)	46	1	0,1	0,01	0,0001
Barrido transversal: potencia de interferencia correspondiente recibida por el SETS (dBW) (en una anchura de banda de referencia de 200 MHz)	-201	-143	-135	-133	-129

FIGURA 11-6

Distribución acumulativa resultante del análisis dinámico entre cinco sistemas del SFS OSG y un sensor pasivo de barrido transversal



Rap 2092-116

En ese caso, el factor de corrección de la anchura de banda es 4 dB.

Para una distribución acumulativa del 0,01%, correspondiente al porcentaje de tiempo o a la zona en que el umbral de interferencia puede rebasarse, la potencia interferente indicada en el Cuadro 11-8 es $-133 - 4 = -137$ dBW, es decir, 29 dB superior al umbral de interferencia.

Por consiguiente, el máximo valor provisional que se considerará en estudios ulteriores para la banda pasiva con un solo sistema OSG activo es:

$$\text{p.i.r.e.} = 50,9 \text{ dBW} \quad (79,9 \text{ dBW} - 29 \text{ dB})$$

Como la anchura de banda de referencia de la banda pasiva es 200 MHz y la ganancia de antena es 64,8 dBi, la potencia en la banda pasiva 50,2-50,4 GHz no debe rebasar el valor de -13,9 dBW en la anchura de banda de referencia de 200 MHz.

11.4.1.4 Evaluación de la atenuación

El Cuadro 11-9 muestra los diversos niveles de potencia obtenidos mediante las simulaciones previas y al aplicar la Recomendación UIT-R SM.1541, así como el factor de ajuste de conformidad con la metodología (en particular, en el Apéndice).

CUADRO 11-9

**Evaluación de los niveles de potencia obtenidos mediante el cálculo
de los diversos análisis dinámicos en el caso combinado**

Hipótesis de combinación	Potencia de interferencia para una distribución acumulativa del 0,01 % (dBW)	Rebasamiento del umbral del SETS	Máxima p.i.r.e. provisional en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia provisional en la banda pasiva (dB(W/200 MHz))	Potencia obtenida mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1541 de conformidad con la metodología (dB(W/200 MHz))	Máxima potencia obtenida mediante la aplicación de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste (véase el § 2) (dB(W/200 MHz))
Modelo 1 enlace ascendente N° 1	-140	26	45,9	-15	6	-9
Modelo 1 enlace ascendente N° 2	-139	27	41	-14,8	5,2	-9,8
Modelo 2 del SFS	-137	29	50,9	-13,9	10,1	-4,9

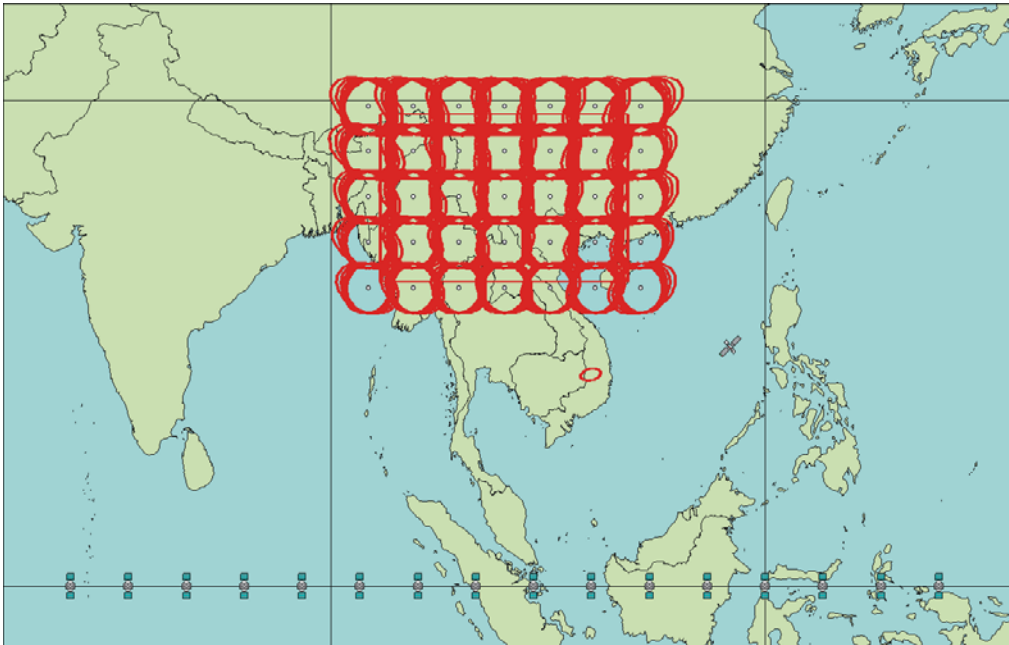
La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable se basa en la utilización combinada de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha determinado que la máscara que figura en dicha Recomendación UIT-R SM.1541 sobrestima la potencia fuera de banda y sigue siendo ese el caso incluso si se utilizan conjuntamente la citada Recomendación y el factor de ajuste. Cabe esperar que la utilización combinada de una forma de espectro tal como $(\sin x/x)^2$, junto con un filtro postmodulación como el que se caracteriza en la ecuación (1) del § 11.2.4.2, mejore en gran medida las posibilidades de compatibilidad (para más detalles véase también el § 2).

11.4.2 Estudio de simulación dinámica N° 2

Muchos sistemas del SFS en esta parte del espectro probablemente se han diseñado para proporcionar servicios de banda ancha a un gran número de usuarios con varios tipos de estaciones terrenas de enlace ascendente caracterizadas por una gama de diámetros de antena y de p.i.r.e. que reflejan los distintos requisitos de capacidad. Para elaborar un posible modelo de instalación de tales sistemas en la banda 50,4-51,4 GHz, se efectuó un examen de las notificaciones de satélites contenidas en la Lista de Redes de Satélites en línea del UIT-R a fin de elaborar modelos de instalación del SFS en una zona de baja latitud que cubre Asia y una zona de elevada latitud que cubre Europa. Estas dos zonas se caracterizan por tener un gran número de peticiones de coordinación de satélites desde principios de 2000. A efectos de esta simulación dinámica, la zona de medición de Asia viene definida como la zona de la superficie de la Tierra enmarcada por las líneas de latitud constante 18,84° N y 29,16° N y las líneas de longitud constante 93,43° E y 110,57° E cuya área es de 2 000 000 km² y cuyo centro está a 45° de latitud Norte y 105° de longitud Este. La zona de medición del sensor pasivo de Europa se define por la superficie de la Tierra enmarcada por las líneas de latitud constante 38,66° N y 53,34° N y las líneas de longitud constante 9,06° E y 24,94° E, estando ubicado su centro en la latitud de 46° N y la longitud de 17° E. Estas zonas de medición del sensor pasivo se representan en las Figs. 11-7 y 11-8.

FIGURA 11-7

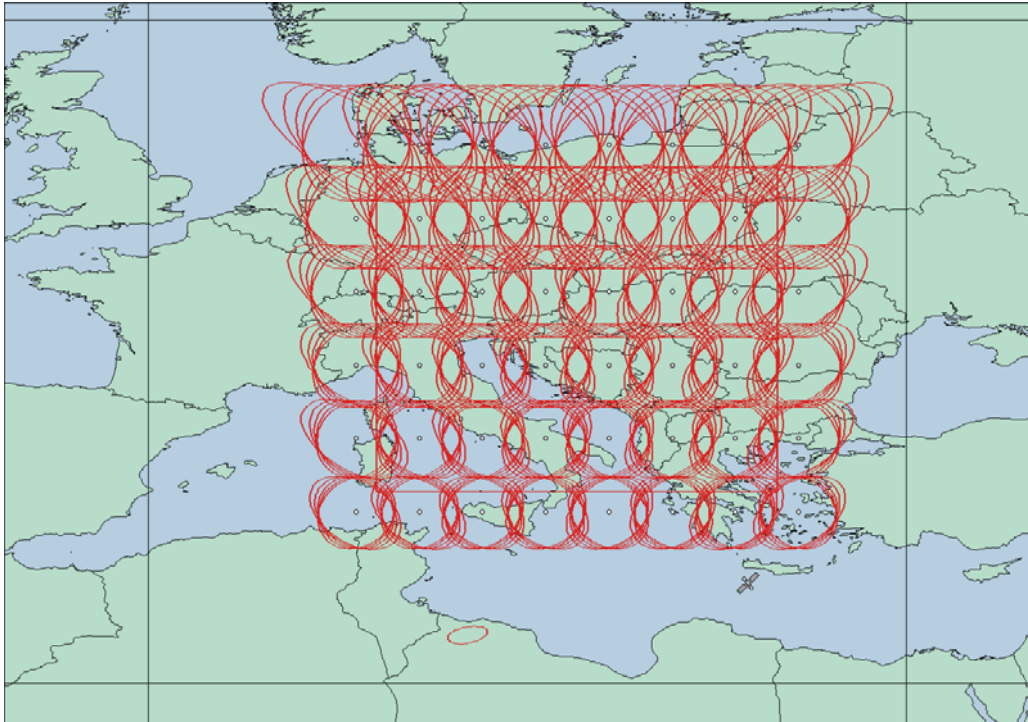
Zonas de medición del SETS en Asia y modelos de instalación del SFS



Rap 2092-117

FIGURA 11-8

Zonas de medición del SETS en Europa y modelos de instalación del SFS



Rap 2092-118

Para determinar el número de estaciones terrenas de enlace ascendente que pueden funcionar dentro o en el exterior inmediato de esta zona de medición del sensor pasivo, se supone que la zona de medición queda cubierta por haces puntuales procedentes de un satélite del SFS con ligera superposición. El examen de una muestra de las notificaciones de satélites al UIT-R en esta banda indica que podría ser típica una ganancia del haz del SFS de unos 53 dBi, lo que corresponde a una anchura de haz a -3 dB de $0,4^\circ$ aproximadamente. Como se ilustra en las Figs. 11-7 y 11-8, la zona de medición de Asia puede cubrirse con una matriz de 35 haces puntuales y la zona de medición de Europa, por una matriz de 48 haces puntuales.

Los satélites del SFS OSG situados entre 72° y 132° E de longitud en el arco OSG proporcionarían un mínimo ángulo de elevación superior a 35° sobre la zona de medición de Asia, y los satélites situados entre 1° W de longitud y 35° E de longitud en el arco OSG proporcionarían un mínimo ángulo de elevación superior a 25° sobre la zona de medición de Europa. En ausencia de discriminación por polarización entre satélites adyacentes que dan servicio a la misma zona, y para tener en cuenta las posibles inhomogeneidades entre satélites, se ha supuesto una separación orbital de 4° para este modelo de instalación del SFS. Como normalmente no son posibles transmisiones cocanal con haces de satélites superpuestos, se supone, conforme a este modelo, que la transmisión de enlace ascendente puede realizarse en el canal de satélite de la frecuencia más elevada (es decir, más cercano al borde de la banda del SETS) únicamente en la mitad de los haces puntuales de cada satélite del SFS en este modelo.

Se supone que una estación terrena de enlace ascendente del SFS está situada en el centro de cada haz, y que el emparejamiento entre estaciones terrenas de enlace ascendente del SFS y satélites receptores se realiza de forma que las estaciones terrenas con haces adyacentes no transmitan hacia el mismo satélite. Esto significa que 17 ó 18 estaciones terrenas en la zona de medición de Asia y 24 estaciones terrenas en la zona de medición de Europa, distribuidas a lo largo de la zona de servicio indicada, transmita a cualquier posición del satélite del SFS dada en el canal de frecuencias del SFS más próximo a la banda del sensor pasivo. Con arreglo a este modelo, se supone que la dirección de puntería de cada haz del satélite es fija. Si el satélite del SFS utiliza técnicas para cambiar la dirección de puntería del haz, tendría que modificarse este modelo de simulación y las funciones de densidad acumulativa de las interferencias resultantes probablemente serían muy distintas de las indicadas a continuación.

Con el fin de determinar la FDA para los modelos de instalación del SFS en banda ancha ilustrados en las Figs. 11-7 y 11-8, se realizó una simulación durante 16 días a intervalos de tiempo de 200 ms cuando el sensor pasivo podía tomar puntos de muestra situados dentro de la zona de medición. Las funciones de distribución acumulativa de la interferencia causada por los enlaces ascendentes del SFS al sensor pasivo en la banda 50,2-50,4 GHz se representan en las Figs. 11-9 y 11-10.

FIGURA 11-9

FDA de la interferencia en el modelo de instalación del SFS en Asia

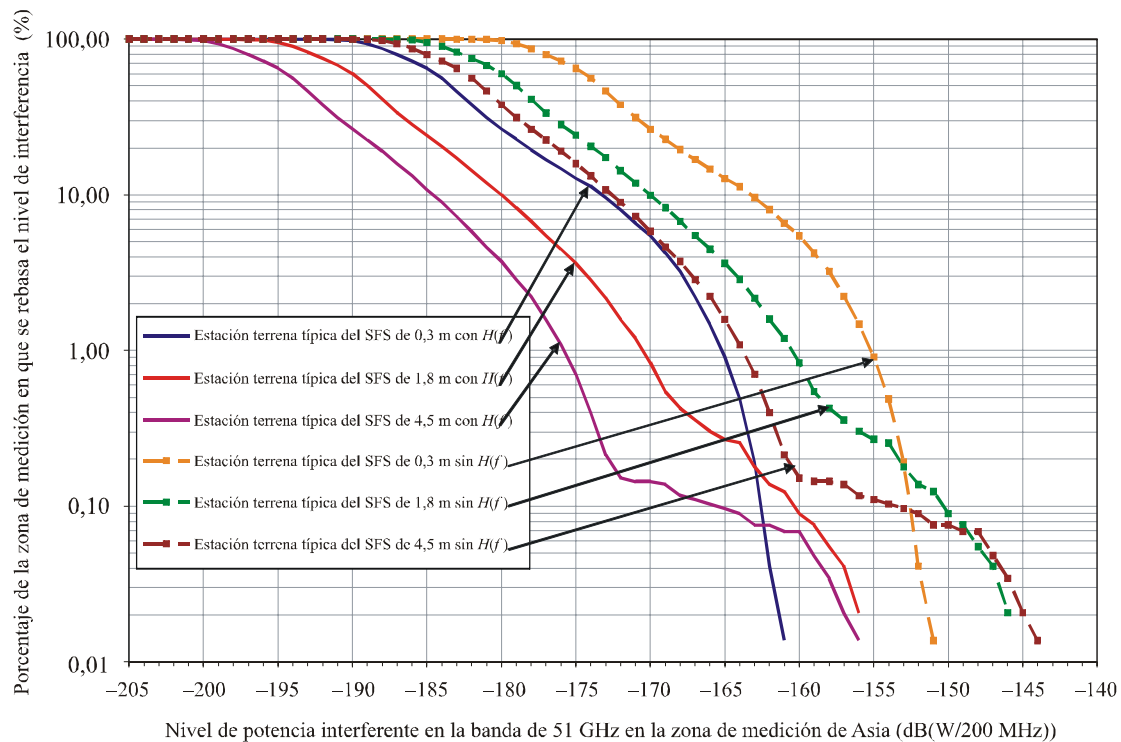
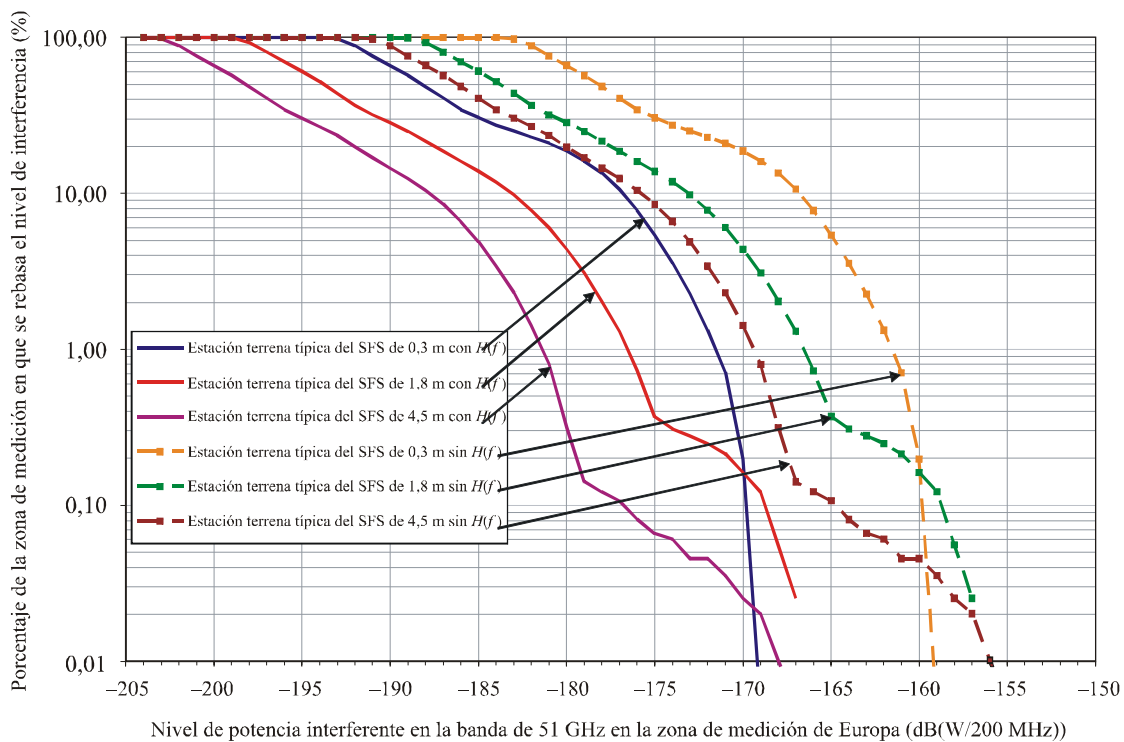


FIGURA 11-10

FDA de la interferencia en el modelo de instalación del SFS en Europa



Los Cuadros 11-10 y 11-11 comparan los resultados de estas simulaciones con el nivel de interferencia admisible para los sensores pasivos actuales especificado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 suponiendo que no hay filtrado postmodulación en la transmisión de enlace ascendente y suponiendo igualmente una atenuación de 40 dB/década introducida por el filtrado postmodulación.

CUADRO 11-10

**Análisis de los resultados de la simulación
(sin filtrado postmodulación)**

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	4,5M	1,8M	0,3M	4,5M	1,8M	0,3M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. fuera de banda supuesta (dB(W/200 MHz)) sin filtrado postmodulación	53,9	48,4	38	53,9	48,4	38
Nivel de interferencia rebasado en más del 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-143	-145	-150,5	-156	-156	-159,2
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-166	-166	-166	-166	-166	-166
Rebasamiento del nivel de interferencia admisible (dB)	23	21	15,5	10	10	6,8
p.i.r.e. fuera de banda admisible (dB(W/200 MHz))	30,9	27,4	22,5	43,9	38,4	31,2

CUADRO 11-11

**Análisis de los resultados de la simulación
(sin filtrado postmodulación)**

Tipo de estación terrena de enlace ascendente del SFS	Zona de medición de Asia			Zona de medición de Europa		
	4,5M	1,8M	0,3M	4,5M	1,8M	0,3M
	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja	Capacidad alta	Capacidad media	Capacidad baja
p.i.r.e. fuera de banda supuesta (dB(W/200 MHz)) sin filtrado postmodulación	41,7	38,2	28,2	41,7	38,2	28,2
Nivel de interferencia rebasado en más del 0,01% de la zona (dB(W/200 MHz))	-155	-155	-160,5	-168	-167	-169
Nivel de interferencia admisible (dB(W/200 MHz))	-166	-166	-166	-166	-166	-166
Rebasamiento del nivel de interferencia admisible (dB)	11	11	5,5	-2	-1	-3
p.i.r.e. fuera de banda admisible (dB(W/200 MHz))	30,7	27,2	22,7	43,7	39,2	31,2

Se realizaron simulaciones adicionales en la zona de medición de Asia para determinar la sensibilidad de los resultados frente a las hipótesis del modelo de instalación sobre el número de satélites del SFS que sirven a estaciones terrenas en la zona de medición y el factor de reutilización de frecuencias entre los haces de satélites. Específicamente, se hicieron simulaciones para cubrir los casos de 16, 8, 4 y 2 satélites y para factores de reutilización de frecuencias de 1:2 y 1:4 entre haces de satélites. Las funciones de distribución acumulativa (FDA) resultantes se representan en las Figs. 11-11 y 11-12, y los niveles de p.i.r.e. de emisión no deseada requeridos para satisfacer los criterios de interferencia admisible señalados en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 aparecen en el Cuadro 11-12.

Cabe señalar que la reutilización de frecuencias y el número de satélites supuestos utilizados en estas simulaciones tenían por objeto definir un modelo de simulación para distribuir distintos números de estaciones terrenas de enlace ascendente dentro de la zona de medición de 2 000 000 km² que se supone que funcionan en el canal de satélite más próximo al borde de la banda del SFS adyacente a la banda del SETS (pasivo). Si bien los parámetros son obtenidos de las notificaciones de coordinación de la UIT, estos modelos de simulación representan un límite superior de la posible densidad de instalación de estaciones terrenas de enlace ascendente en esta banda y no es probable que en la práctica puedan lograrse las densidades más elevadas (especialmente las que se basan en un factor de reutilización de frecuencias 1:2). Sin embargo, cabe indicar también que a pesar de esta amplia variación en las densidades de instalación de estaciones terrenas, desde 24 hasta 280 estaciones terrenas en la zona de 2 000 000 km², existe sólo una variación de 1,8 a 3,3 dB en la p.i.r.e. admisible de emisión no deseada para cualquier configuración de enlace ascendente supuesta que figura en el Cuadro 11-4.

FIGURA 11-11a

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de alta capacidad
(factor de reutilización 1:2)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:2), zona de medición de Asia)

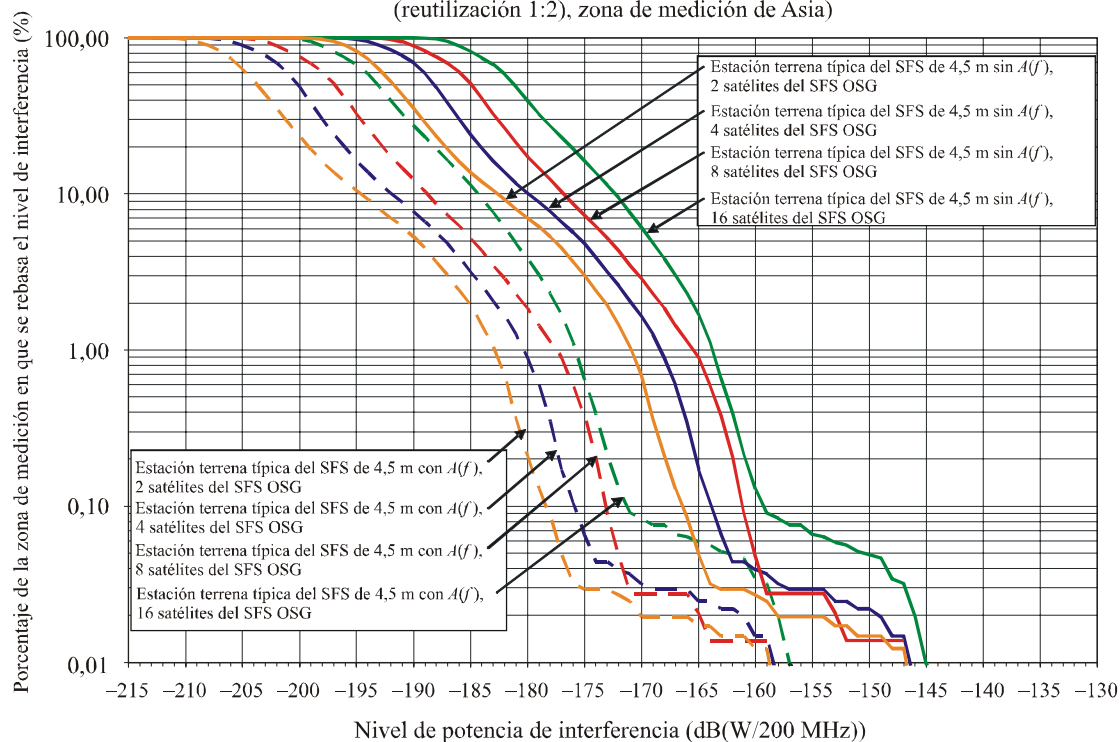
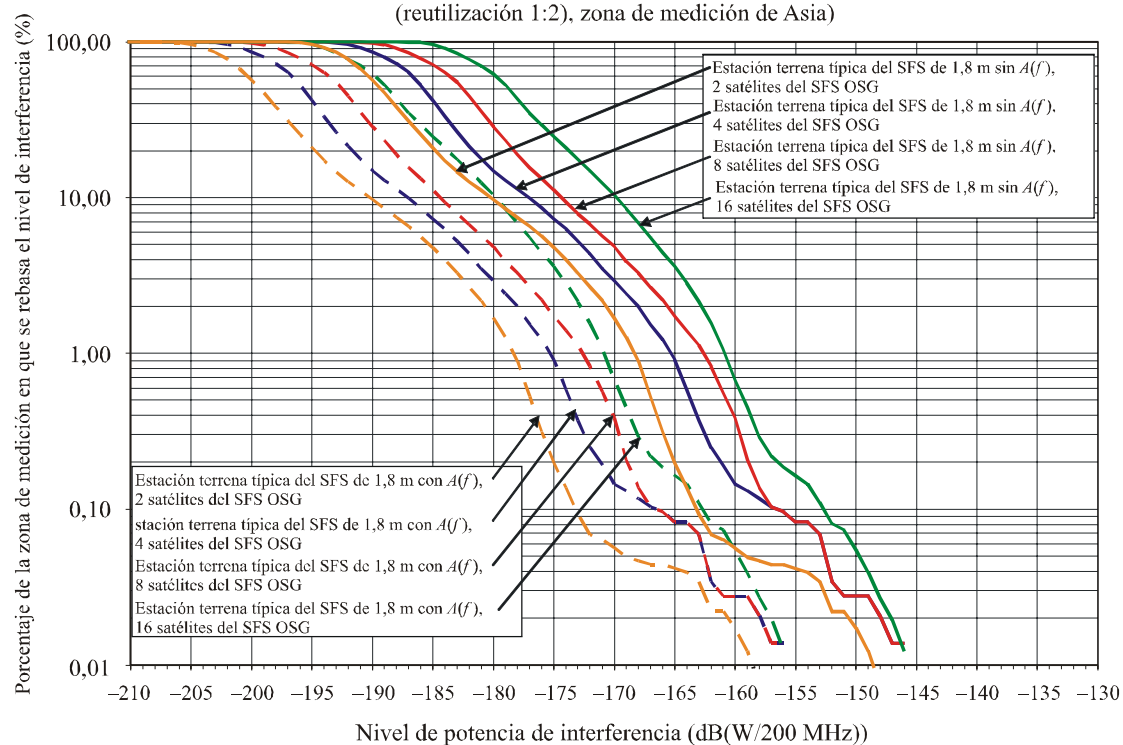


FIGURA 11-11b

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad media
(factor de reutilización 1:2)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:2), zona de medición de Asia)

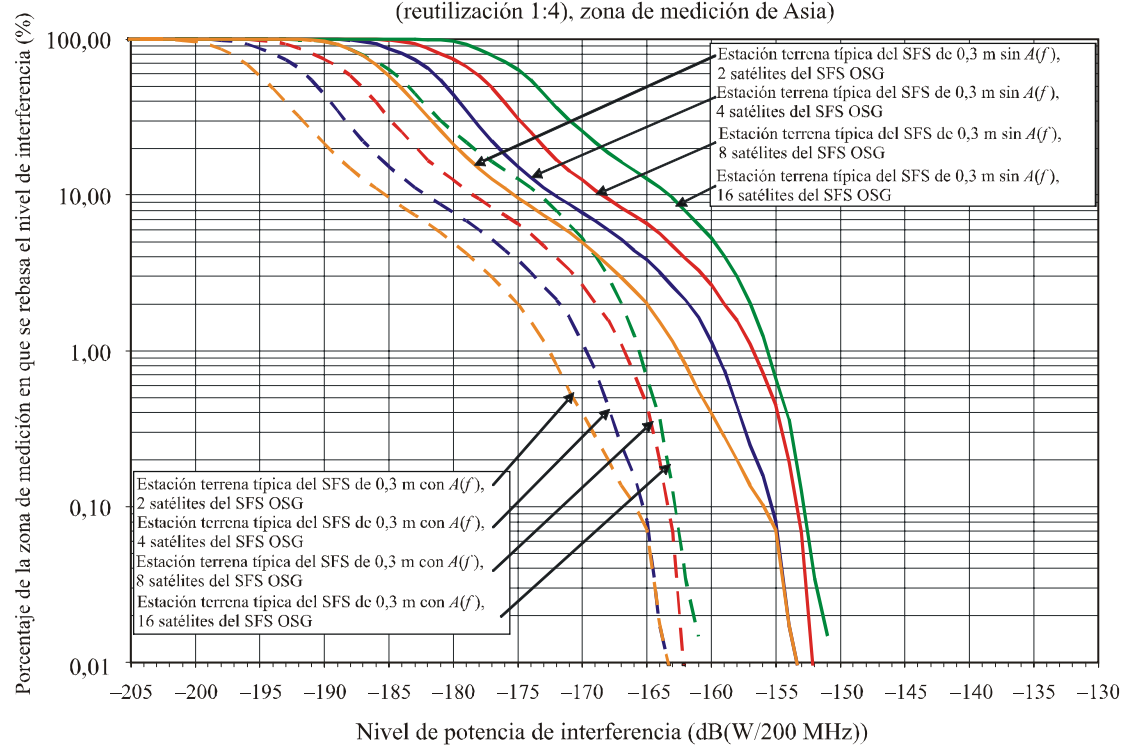


Rap 2092-1111b

FIGURA 11-11c

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad baja
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)

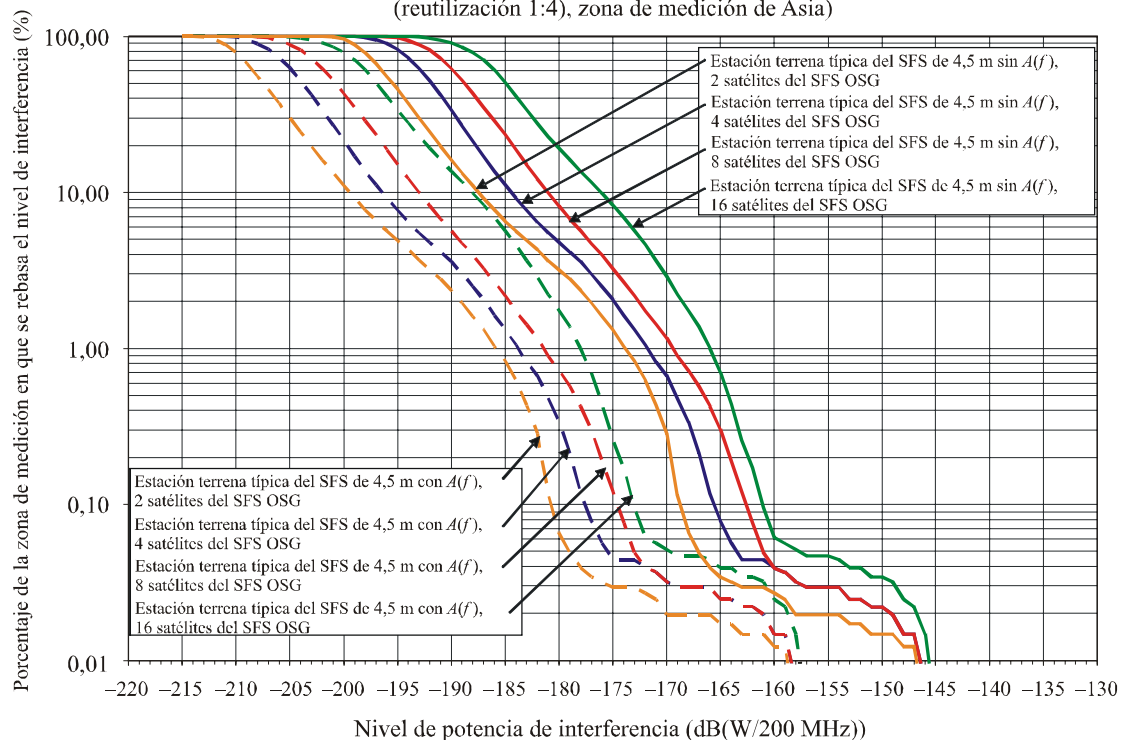


Rap 2092-1111c

FIGURA 11-12a

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad alta
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)

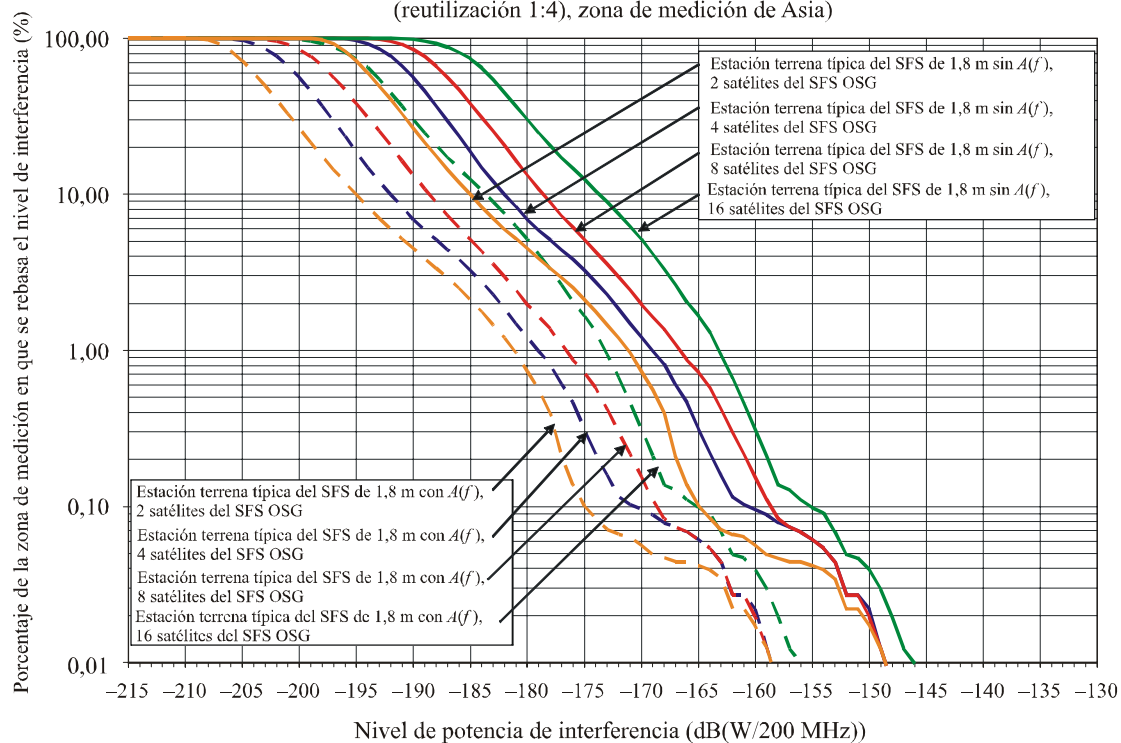


Rap 2092-1112a

FIGURA 11-12b

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad media
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)

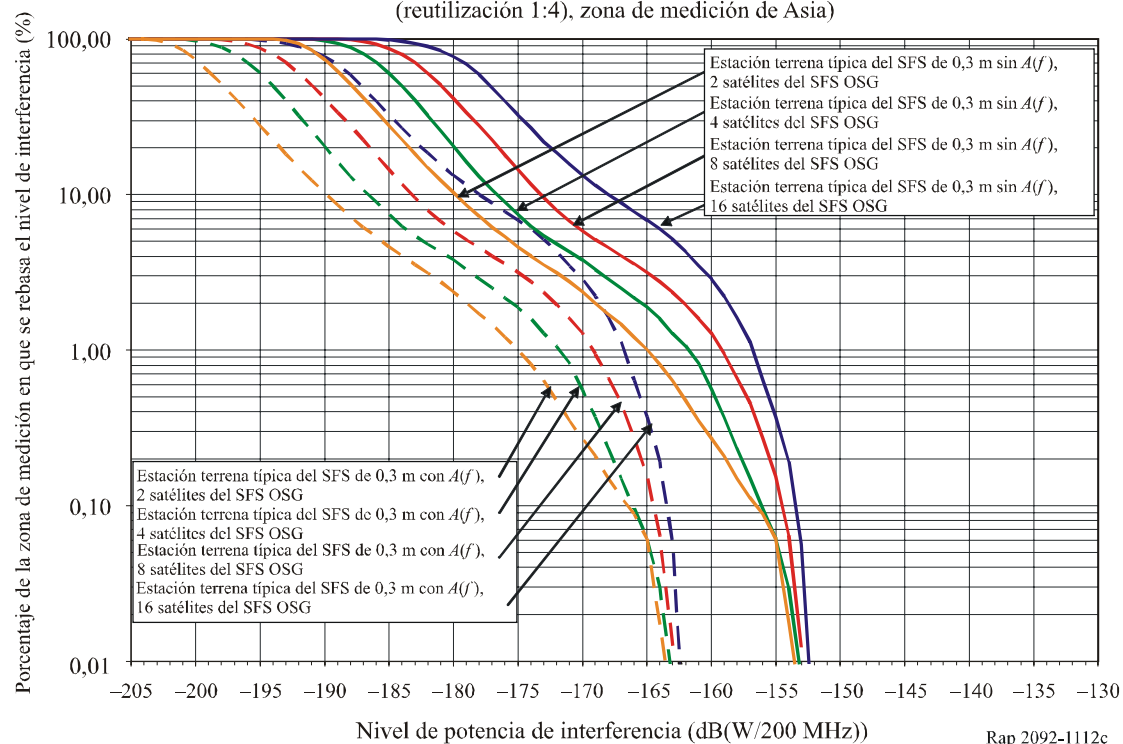


Rap 2092-1112b

FIGURA 11-12c

**FDA de la interferencia de enlace ascendente del SFS de capacidad baja
(factor de reutilización 1:4)**

(Interferencia del SFS al AMSU a 51 GHz
(reutilización 1:4), zona de medición de Asia)



CUADRO 11-12

**Niveles de p.i.r.e. de emisión no deseada admisible
para diversas hipótesis de enlace ascendente**

Nivel de p.i.r.e. de emisión no deseada admisible (dB(W/200 MHz)) para el caso de estación terrena de enlace ascendente	Factor de reutilización 1:4				Factor de reutilización 1:2			
	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS	16 satélites del SFS	8 satélites del SFS	4 satélites del SFS	2 satélites del SFS
Estación terrena típica del SFS de 0,3 m con $A(f)$	24,5	25,2	25,4	25,8	22,9	24,3	25,4	25,4
Estación terrena típica del SFS de 1,8 m con $A(f)$	28,3	31,0	31,0	31,0	27,7	28,2	28,2	30,5
Estación terrena típica del SFS de 4,5 m con $A(f)$	33,5	34,2	34,2	34,5	32,7	34,2	34,2	34,5
Estación terrena típica del SFS de 0,3 m sin $A(f)$	24,5	25,0	25,3	25,6	23,1	24,2	25,4	25,4
Estación terrena típica del SFS de 1,8 m sin $A(f)$	28,5	31,1	31,1	31,1	27,9	28,4	28,4	31,1
Estación terrena típica del SFS de 4,5 m sin $A(f)$	33,1	34,4	34,3	34,7	32,9	34,4	34,4	34,7

11.5 Técnicas de reducción de la interferencia

11.5.1 SETS (pasivo)

Los actuales y futuros sensores pasivos integran la señal recibida en el satélite y no es posible diferenciar entre las emisiones naturales y artificiales. No hay técnicas demostradas para identificar las mediciones del sensor pasivo degradadas por la interferencia y para disminuir las repercusiones de dichas mediciones degradadas sobre las predicciones meteorológicas o sobre otros estudios científicos efectuados utilizando estos datos.

11.5.2 SFS

La mayoría de los sistemas del SFS funcionan o tienen previsto su funcionamiento utilizando filtros de premodulación y postmodulación. Todas las estaciones terrenas del SFS utilizan filtros premodulación y se ha proporcionado información relativa a la utilización de filtros postmodulación para algunos sistemas del SFS abordados en los estudios de simulación. Cuando no se disponía de información, se emplearon modelos genéricos en el § 2. Para determinar la cantidad de atenuación que se aplica a las emisiones no deseadas que caen dentro de la banda del SETS (pasivo) para otros casos.

11.5.3 Posibles repercusiones

11.5.3.1 SETS (pasivo)

Si la interferencia rebasa los niveles admisibles, existe el riesgo de obtener mediciones erróneas en varias zonas lo que repercute en las predicciones meteorológicas fiables o en otras aplicaciones científicas que utilizan los datos del sensor.

11.5.3.2 SFS

Los sistemas del SFS tienen previsto utilizar filtros premodulación y postmodulación y en algunos casos dichos filtros son más eficaces en lo que respecta a la atenuación de las emisiones no deseadas. Cabe señalar que no se prevé entrar filtrado adicional u otras técnicas de reducción de la interferencia. Por lo tanto, el futuro desarrollo de los sistemas del SFS no se verá restringido en la banda.

11.6 Resultados de los estudios

11.6.1 Resumen

Se consideraron dos simulaciones dinámicas para determinar los niveles previstos de emisiones no deseadas procedentes de los enlaces ascendentes del SFS en la banda 47,2-50,2 GHz que afectan a los receptores del SETS (pasivo) en la banda 50,2-50,4 GHz. Cada uno de estos estudios identificó los niveles de potencia de emisión no deseada para los cuales no se rebasa el nivel de interferencia admisible combinado del sensor pasivo indicado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 para el modelo de instalación del SFS y los parámetros supuestos en el estudio de simulación. Los resultados aparecen resumidos en el Cuadro 11-13.

CUADRO 11-13

Resumen de los resultados de la simulación dinámica

Sensor pasivo	Sistema del SFS	Instalación de enlace ascendente del SFS	Máxima potencia no deseada en la banda pasiva (dB(W/ 200 MHz))	Relación de potencias de emisión no deseada ⁽¹⁾ (dB)	Factor de reducción de la potencia de emisión no deseada disponible ⁽²⁾ (dB)
Barrido transversal	OSG modelo 1, enlace ascendente número 1	5 enlaces ascendentes a longitudes de 0°, 5°, 9°, 13°, y 16° E Latitud, 50° N	-15	26 ⁽¹⁾	20 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de acuerdo con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal	OSG modelo 1, enlace ascendente número 2	5 enlaces ascendentes a longitudes de 0°, 5°, 9°, 13°, y 16° E Latitud, 50° N	-14,8	27 dB ⁽¹⁾	22 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de acuerdo con la metodología ⁽³⁾
Barrido transversal	OSG modelo 2 SFS	5 enlaces ascendentes a longitudes de 0°, 8°, 16°, 24°, y 32° E, latitud 50° N	-13,9	29 dB ⁽¹⁾	20 dB aplicando la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste de acuerdo con la metodología ⁽³⁾
AMSU	10 satélites OSG entre 1° W y 35° E de longitud	24 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos en la zona de medición de Europa de 2 000 000 km ² (total 240)	-10,7/-19,1/-21,5 dependiendo del tipo de estación terrena	23,2/23,5/24,2 dependiendo del tipo de estación terrena ⁽²⁾	26,2/23,7/26,4 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado postmodulación $A(f)$
					16,4/13,5/14,2 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$
AMSU	16 satélites OSG entre 72° E y 132° E de longitud	17 ó 18 enlaces ascendentes del SFS por satélite OSG distribuidos en la zona de medición de Asia de 2 000 000 km ² (total 280)	-19,4/-30,1/-34,5 dependiendo del tipo de estación terrena	31,9/34,5/37,2 dependiendo del tipo de estación terrena ⁽²⁾	26,2/23,7/26,4 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$ y filtrado postmodulación $A(f)$
					16,4/13,5 /14,2 dB con forma del espectro $\text{sen}^2 x/x^2$

⁽¹⁾ Relación entre la potencia transmitida total y la potencia de la emisión no deseada en la banda pasiva.

⁽²⁾ Para los estudios sobre barrido transversal, los valores obtenidos de las fórmulas § 2; para estudios AMSU, los valores obtenidos del Cuadro 11-2.

⁽³⁾ La metodología adoptada para calcular la máxima potencia alcanzable se basa en la utilización combinada de la Recomendación UIT-R SM.1541 y el factor de ajuste. Se ha establecido que la máscara contenida en la citada Recomendación UIT-R SM.1541 sobreestima la potencia fuera de banda y sigue siendo el caso incluso si se utilizan conjuntamente dicha Recomendación y el factor de ajuste. Cabe esperar que la utilización conjunta de una forma de espectro tal como $(\text{sen } x/x)^2$, junto con un filtro de postmodulación como el caracterizado por la ecuación (1) en el § 11.2.4.2, mejorará significativamente la situación de compatibilidad (véanse más detalles en el § 2).

Se analizaron dos conjuntos de simulaciones dinámicas para evaluar los niveles de interferencia que pueden producir las emisiones no deseadas de los enlaces ascendentes del SFS en un sensor pasivo.

En un conjunto de simulaciones dinámicas de interferencia causada a un sensor pasivo actual se llegó a la conclusión de que el SFS podría rebasar los criterios de interferencia combinada

admisible del SETS (pasivo) si la potencia de emisión no deseada rebasa el valor de $-34,5$ a $-10,7$ dB(W/200 MHz) en una amplia instalación de un gran número de estaciones terrenas del SFS con parámetros similares a los propuestos en las recientes notificaciones de satélites del UIT-R. En lo referente a la p.i.r.e. de emisión no deseada esta gama va de $22,5$ a $43,9$ dB(W/200 MHz).

En otro conjunto de simulaciones dinámicas realizadas utilizando futuros sensores pasivos y algunas estaciones terrenas de gran anchura de banda se llegó a la conclusión de que:

- Una limitación de la potencia de emisión aplicada al puerto de la antena de -15 dB(W/200 MHz) en la banda pasiva, para un solo sistema del SFS OSG, protegería a la banda del SETS (pasivo) 50,2-50,4 GHz contra las emisiones no deseadas generadas por los enlaces ascendentes del SFS que funcionan en la banda 50,4-51,4 GHz para ganancias de antena de estación terrena típicas comprendidas entre 55 y 65 dBi.
- Todos los sistemas del SFS estudiados tienen características que cumplen plenamente el requisito de atenuación. No se necesitan más limitaciones sobre los servicios activos para proteger esta banda pasiva.

11.6.2 Conclusiones

Un estudio presenta el límite superior de las densidades de instalación de sistemas de enlace ascendente del SFS pero es poco probable que en la práctica se alcancen las densidades más elevadas supuestas en las simulaciones. El segundo estudio supone una baja densidad de estaciones terrenas de enlace ascendente, en comparación con las densidades de instalación obtenidas en otras bandas del SFS, con el riesgo de que los niveles de interferencia de emisión no deseada causada al SETS (pasivo) puedan ser superiores a los determinados en este estudio. El primer estudio llega a la conclusión de que las densidades de potencia de transmisión de emisiones no deseadas de la estación terrena del SFS entre -20 y -10 dB(W/200 MHz) provocarán niveles de interferencia que rebasan los criterios de interferencia combinada admisible del SETS (pasivo) para algunos modelos de instalación del SF, pero que aún permitirían a los sensores del SETS (pasivo) llevar a cabo sus misiones de manera aceptable. Estos niveles de emisiones no deseadas de la estación terrena del SFS pueden lograrse mediante una combinación de conformación espectral y filtrado postmodulación.

El segundo estudio llega a la conclusión de que, teniendo en cuenta los resultados de las distintas simulaciones y su correspondiente evaluación de la atenuación, para lograr la compatibilidad es necesario limitar en los enlaces ascendentes del SFS que funcionan en la banda 50,4-51,4 GHz, el nivel de potencia de emisiones no deseadas en el puerto de la antena a -20 dB(W/200 MHz) en la banda 50,2-50,4 GHz. Cabe señalar que este nivel de emisión no deseada propuesto puede ser satisfecho por los sistemas del SFS considerados en este estudio.

12 **Análisis de compatibilidad entre sistemas del SETS (pasivo) que funcionan en la banda 52,6-52,8 GHz y sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz**

12.1 **SETS (pasivo)**

12.1.1 **Banda atribuida**

La banda 51,4-52,6 GHz está atribuida al servicio fijo y es adyacente a la banda 52,6-52,8 GHz atribuida al SETS. Por consiguiente, hay necesidad de evaluar el efecto de las emisiones no deseadas procedentes de sistemas del servicio fijo que caen dentro de la banda 52,6-52,8 GHz del SETS. Este Capítulo proporciona cálculos de niveles de emisiones no deseadas que caen en la banda 51,4-52,6 GHz para el sistema del servicio fijo que funciona por encima de 31,8 GHz.

Se debe señalar que conforme al número 5.340 del RR todas las emisiones están prohibidas en la banda 52,6-54,25 GHz.

Las atribuciones adyacentes a la banda pasiva 52,6-52,8 GHz se indican en el Cuadro 12-1.

CUADRO 12-1

Atribuciones de banda adyacente

Servicios en la banda atribuida inferior	Banda pasiva	Servicios en la banda atribuida superior
51,4-52,6 GHz	52,6-54,25 GHz	54,25-55,78 GHz
FIJO MÓVIL	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)	EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (pasivo) ENTRE SATÉLITES 5.556A OSG sólo con límite dfp INVESTIGACIÓN ESPACIAL (pasivo)

12.1.2 Aplicación

Ésta es una de las bandas utilizadas para sondeo atmosférico cercano al nadir conjuntamente con las bandas en 23,8 GHz, 31,5 GHz y 50,3 GHz para caracterizar cada capa de la atmósfera.

12.1.3 Criterios de protección requeridos

Las tres Recomendaciones siguientes establecen los criterios de interferencia para los sensores pasivos:

- Recomendación UIT-R SA.515 – Bandas de frecuencias y anchuras de banda utilizadas para la detección pasiva por satélite.
- Recomendación UIT-R SA.1028 – Criterios de calidad para la teledetección pasiva por satélite.
- Recomendación UIT-R SA.1029 – Criterios de interferencia para la teledetección pasiva por satélite.

12.1.4 Características del funcionamiento

Se consideran las características operacionales siguientes para sistemas del SETS:

- se supone que el sensor del SETS tiene una antena con una ganancia de 45 dBi;
- el sensor del SETS apunta en la dirección del nadir;
- el tamaño del píxel para un sensor a una altitud de 850 km es de 201 km² (16 km de diámetro).

12.2 Servicio fijo**12.2.1 Banda atribuida**

Véase el Cuadro 12-1.

12.2.2 Aplicación

Conforme al número 5.547 del RR, la banda 51,4-52,6 GHz está disponible para aplicaciones de alta densidad en el servicio fijo.

Esta banda se puede utilizar para sistemas del servicio fijo P-P y P-MP.

12.2.3 Niveles basados en documentos UIT existentes

Las siguientes Recomendaciones UIT-R proporcionan información sobre emisiones no deseadas de los sistemas del servicio fijo:

Recomendación UIT-R F.1191 – Anchuras de banda y emisiones no deseadas de los sistemas digitales del servicio fijo.

Recomendación UIT-R SM.329 – Emisiones no deseadas en el dominio no esencial.

Recomendación UIT-R SM.1541 – Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda.

12.2.4 Características del transmisor

Se han utilizado las características siguientes contenidas en los Cuadros 12-2 y 12-3.

CUADRO 12-2

Características de los sistemas P-P (Recomendación UIT-R F.758)

Separación de canales (MHz)	56	3,5
Ganancia de antena (máxima) (dBi)	50	50
Pérdida de alimentador/multiplexor (mínima) (dB)	0	0
Tipo de antena	Parabólica/bocina	Parabólica/bocina
Máxima potencia de salida del transmisor (dBW)	−20	−20
p.i.r.e. (máxima) (dBW)	30	30

CUADRO 12-3

Características de los sistemas P-MP (Recomendación UIT-R F.758)

Tipo de estación	Estación central	Estación terminal
Separación de canales (MHz)	28	28
Ganancia de antena (máxima) (dBi)	14	Parabólica 41 Planar 28
Pérdida de alimentador/multiplexor (mínima) (dB)	0	0
Anchura de haz de antena (3 dB) acimut/elevación (grados)	> 15	1,2 × 1,2
Máxima potencia de salida del transmisor (dBW)	−10	−15
p.i.r.e. (máxima) (dBW)	4	26/13

12.2.5 Características de funcionamiento

La Recomendación UIT-R F.1496 indica la disposición de canales para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz y 56 MHz en esta banda.

12.2.5.1 Características de funcionamiento P-P

Se propone utilizar como primer paso una densidad de terminales de 1 terminal por km² ⁶.

12.2.5.2 Características de funcionamiento P-MP

Se propone utilizar como primer paso una densidad de terminales de 0,3 terminales por km² ⁶.

Reutilización de frecuencia: se utiliza generalmente una reutilización de frecuencia de 2 y se considera como un escenario típico. Un factor de reutilización de frecuencia de 1 se debe considerar como la situación para el caso más desfavorable, que ocurre excepcionalmente.

Antena de sector: la anchura típica de la antena de sector es de 90°. En algunos casos, se prevén antenas de sector de 45° cuando se debe transportar desde una estación una elevada cantidad de tráfico.

En base a estas consideraciones, el centro de distribución de una célula P-MP puede, generalmente, prestar servicios a dos abonados cocanal dentro de una determinada célula.

12.2.6 Potencia de transmisión dentro de la banda

Véanse los Cuadros 12-2 y 12-3.

12.3 Umbral de compatibilidad

El criterio de protección del sensor pasivo es de -166 dBW en una anchura de banda de 100 MHz (no se deben rebasar durante más del 0,01% del tiempo como se estipula en la Recomendación UIT-R SA.1029). En el § 12.2.4 se proporciona un conjunto de características para sistemas del servicio fijo que serán utilizados en esta banda. En base a esta información, es posible calcular la potencia admisible proveniente de cada sistema del servicio fijo que cae dentro de la banda del SETS.

La interferencia se puede recibir de diversas fuentes de múltiples servicios simultáneamente. El valor que figura en la Recomendación UIT-R SA.1029 (para una determinada banda) es el nivel de interferencia máximo admisible para el sensor pasivo.

En este punto se efectúa un análisis de la interferencia generada por un solo servicio activo.

Es necesario continuar estudiando este tema para determinar la repercusión de múltiples servicios activos que funcionan por encima y por debajo de la banda pasiva.

12.4 Evaluación de la interferencia

12.4.1 Metodología utilizada para determinar el nivel de interferencia

El primer paso de este método es calcular la potencia aceptable de señales emitidas por sistemas del servicio fijo que puedan caer dentro de un píxel del SETS.

Potencia global en la Tierra en 100 MHz = criterios de protección del SETS (dB(W/100 MHz)) – ganancia del SETS + pérdida en el espacio libre.

⁶ Se debe señalar que esos números representan el planteamiento para el caso más desfavorable y que se perfeccionará para obtener un número de sistemas del servicio fijo que se ajusta a la realidad en cada una de las bandas consideradas.

Es posible calcular entonces el nivel de emisiones no deseado por sistema del servicio fijo que cae dentro de la anchura de banda de referencia de 100 MHz del SETS:

$$\text{Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))} = \text{potencia global en la Tierra en 100 MHz} - \text{número de transmisores (en píxel del SETS)} - \text{ganancia del servicio fijo en la dirección del SETS.}$$

12.4.2 Cálculo

Para sistemas P-P (véase el Cuadro 12-4), se utilizó la Recomendación UIT-R F.1245 para calcular la ganancia de antena en dirección del cenit. La densidad de los terminales que funcionan en la misma frecuencia se toma como 1 terminal por km².

CUADRO 12-4

Nivel de emisiones no deseadas aceptable por sistema del servicio fijo P-P que cae dentro de la banda del SETS

Frecuencia (GHz)	52,6	
Criterio de interferencia (dB(W/100 MHz))	-166	
Altitud (km)	850	
Anchura de banda de referencia (MHz)	100	
Ganancia del SETS	45	
Pérdida en el espacio libre	185,5	
Absorción gaseosa (dB)	3	
Potencia global en la Tierra (dB(W/100 MHz))	-22,5	
Potencia global en la Tierra en (dB(W/MHz))	-42,5	
<i>Tipo de estación</i>	Central	Terminal
Separación de canales (MHz)	56	3,5
Ganancia de la antena del servicio fijo	50	50
Ganancia del servicio fijo en la dirección del SETS	-13	-13
Potencia global (dB(W/MHz))	-29,5	-29,5
Densidad de sistemas por km ²	1	1
Tamaño del píxel (km ²)	201	201
Número de transmisores	201	201
Potencia por transmisor (dB(W/MHz))	-52,5	-52,5
Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))	-32,5	-32,5

Para estaciones terminales P-MP (véase el Cuadro 12-5), se utilizó la Recomendación UIT-R F.1245 para calcular la ganancia de antena en dirección del cenit. Para estaciones centrales P-MP, se utilizó la Recomendación UIT-R F.1336 para calcular la ganancia de antena en la dirección del cenit. La densidad de emplazamiento de la estación central que funciona en la misma frecuencia se toma como 0,3 terminales por km². En el mismo emplazamiento, dos estaciones centrales pueden emplear la misma frecuencia empleando una antena de sector de 90°. Por lo tanto, dentro de la misma célula, dos estaciones terminales pueden utilizar la misma frecuencia.

CUADRO 12-5

**Nivel de emisiones no deseadas aceptable por sistema del servicio fijo P-MP
que cae dentro de la banda del SETS**

Frecuencia (GHz)	52,6	
Criterio de interferencia (dB(W/100 MHz))	-166	
Altitud (km)	850	
Anchura de banda de referencia (MHz)	100	
Ganancia del SETS	45	
Pérdida en el espacio libre	185,5	
Absorción gaseosa (dB)	3	
Potencia global en la Tierra (dB(W/100 MHz))	-22,5	
Potencia global en la Tierra en (dB(W/MHz))	-42,5	
<i>Tipo de estación</i>	Central	Terminal
Separación de canales (MHz)	28	28
Ganancia de la antena del servicio fijo	14	41
Ganancia del servicio fijo en la dirección del SETS	-10,3	-11,3
Potencia global (dB(W/MHz))	-32,2	-31,2
Densidad de sistemas por km ²	0,6	0,6
Tamaño del píxel (km ²)	201	201
Número de transmisores	121	121
Potencia por transmisor (dB(W/MHz))	-53	-52
Potencia por transmisor (dB(W/100 MHz))	-33	-32

12.4.3 Valores obtenidos

12.4.3.1 Nivel de emisiones no deseadas conforme a las Recomendaciones UIT-R

Como primera medida sólo se consideran las emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales (si la banda de guarda es mayor que el dominio fuera de banda). Se utilizan entonces los niveles de atenuación estipulados en el Apéndice 3 del RR y en la Recomendación UIT-R SM.329 para calcular los niveles de las emisiones no deseadas del servicio fijo que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales (desplazamiento mayor que el 250% de la anchura de banda necesaria o de separación de canales comparado con la frecuencia central de la señal del servicio fijo). En el caso de sistemas del servicio fijo, la atenuación especificada en el Apéndice 3 del RR se debe dar en dBc, cuyo valor mínimo es 70 dBc o $(43 + 10 \log(P))$.

Basado en el paso inicial, para un sistema que funciona con una potencia de salida de -6 dBW y una separación de canales de 56 MHz (véase el Cuadro 12-2), el límite de emisiones no esenciales para este sistema es:

$$P \text{ (dBW)} - (43 + P) \quad \text{dB en una anchura de banda de referencia de 1 MHz}$$

El Cuadro 12-6 proporciona el nivel de emisiones no deseadas que pueden caer en una anchura de banda de referencia de 100 MHz.

CUADRO 12-6

**Cálculo del nivel de emisiones no deseadas que pueden caer dentro
de una anchura de banda de 100 MHz**

Sistema del servicio fijo	Nivel de emisiones no esenciales por MHz	Nivel de emisiones no esenciales por 100 MHz
56 MHz P-P (Cuadro 12-2)	−43 dBW	−23 dBW
3,5 MHz P-P (Cuadro 12-2)	−43 dBW	−23 dBW
50 MHz P-MP (Cuadro 12-3)	−43 dBW	−23 dBW
2,5 MHz P-MP (Cuadro 12-3)	−43 dBW	−23 dBW

El paso inicial permite llegar a la conclusión que aun cuando sólo se consideran emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales los criterios de protección del SETS no se satisfacen.

12.4.3.2 Perfeccionamiento de los cálculos

12.4.3.2.1 Perfeccionamiento de los cálculos utilizando la metodología descrita en el § 2.3

La Recomendación UIT-R SM.1541 proporciona una máscara para emisiones fuera de banda en el caso de sistemas del servicio fijo. La potencia integrada dentro de la banda del SETS se puede calcular (véase el § 2.3, punto 2) suponiendo que el nivel de emisiones no esenciales no rebasa el límite en el borde del dominio fuera de banda.

12.4.3.2.1.1 Caso de separación de canales de 3,5, 7 y 14 MHz

Se debe señalar que la Recomendación UIT-R F.1496 proporciona la disposición de canales para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz y 56 MHz en esta banda. Esta disposición de canales incluye una banda de guarda de 40 MHz en la parte inferior de la banda del servicio fijo.

Esto significa que para separación de canales de 3,5, 7 y 14 MHz, el dominio fuera de banda (que se extiende del 50% al 250% de separación de canales comparado con la frecuencia central de la señal del servicio fijo), se incluirá en la banda de guarda. Por consiguiente, para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5, 7 y 14 MHz sólo es necesario considerar las emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales.

En la Recomendación UIT-R SM.1541 se proporciona una máscara para emisiones fuera de banda en el caso de sistemas del servicio fijo. En el borde del dominio fuera de banda, la atenuación es igual a 40 dBsd. Si se supone que el nivel de la emisión no esencial no rebasa el límite en el borde del dominio fuera de banda, la potencia integrada dentro de la banda del SETS será:

Para separación de canales de 3,5 MHz:

$$-10 \text{ dBW} -10 \log (3,5) -40 + 10 \log (100) = -35 \text{ dB(W/100 MHz)}$$

Para separación de canales de 7 MHz:

$$-10 \text{ dBW} -10 \log (7) -40 + 10 \log (100) = -38 \text{ dB(W/100 MHz)}$$

Para separación de canales de 14 MHz:

$$-10 \text{ dBW} -10 \log (14) -40 + 10 \log (100) = -41 \text{ dB(W/100 MHz)}$$

En todos estos casos se satisface el criterio de protección al SETS.

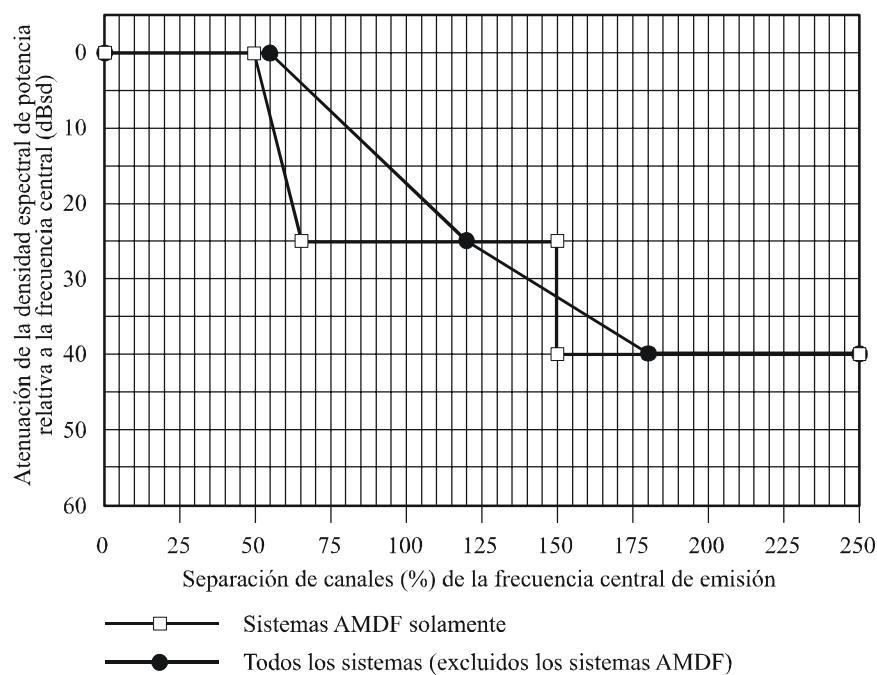
12.4.3.2.1.2 Caso de separación de canales de 28 y 56 MHz

Para emisiones no deseadas que caen en el dominio fuera de banda, se consideran las máscaras fuera de banda que figuran en la Recomendación UIT-R SM.1541.

FIGURA 12-1

**Máscaras de espectro genéricas para el servicio fijo digital
que funciona por encima de 30 MHz**

(véase el Cuadro 12-7)



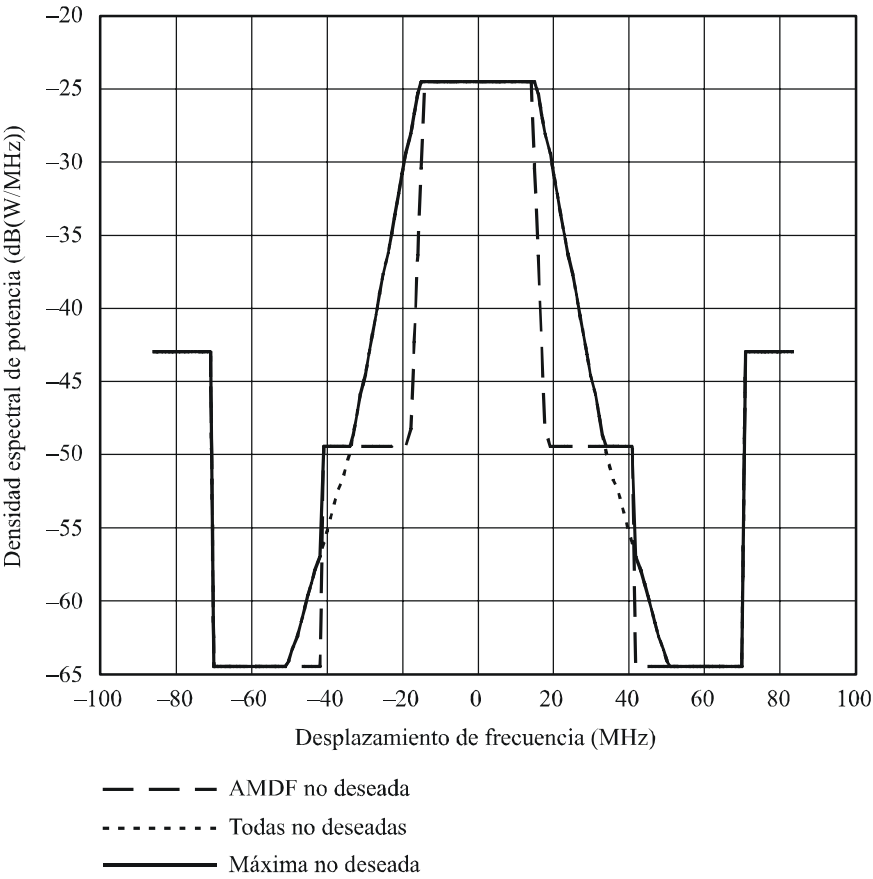
Nota – Las máscaras especificadas se expresan en función del porcentaje de separación de canales. Sin embargo, para sistemas que funcionan en bandas de frecuencias en las que no se establecen disposición de canales de radiofrecuencia, el porcentaje de separación de canales se debe sustituir por el porcentaje de anchura de banda necesaria o si corresponde, por el «umbral inferior de la anchura de banda necesaria» como se define en la Recomendación UIT-R SM.329. Cuando la anchura de banda necesaria no se especifica se deberá calcular conforme a la Recomendación UIT-R F.1191.

CUADRO 12-7

Servicio fijo digital que funciona por encima de 30 MHz (véase la Fig. 12-2)			
Todos los sistemas (salvo AMDF)		Sistemas AMDF solamente	
Desplazamiento de frecuencia (% separación de canales)	Atenuación (dBsd)	Desplazamiento de frecuencia (% separación de canales)	Atenuación (dBsd)
0	0	0	0
55	0	50	0
120	25	65	25
180	40	150	25
250	40	150	40
		250	40

En la Fig. 12-2 se proporciona la máscara de emisión no deseada correspondiente.

FIGURA 12-2
Máscaras de emisión no deseada para un sistema
de separación de canales de 28 MHz



Máscara de emisión no deseada $(-10 \text{ dB(W/28 MHz)}/f_c = 52\,546 \text{ MHz})$

En el siguiente análisis se considera la envolvente de dos máscaras (hipótesis para el caso más desfavorable).

Nuevamente, se puede calcular la potencia que cae dentro de la banda del SETS suponiendo que el nivel de la emisión no esencial no rebasa el límite en el borde del dominio fuera de banda. Los valores obtenidos son:

Para separación de canales de 28 MHz: $-44,5 \text{ dB(W/100 MHz)}$.

Para separación de canales de 56 MHz: $-39,5 \text{ dB(W/100 MHz)}$.

En todos los casos se satisface el criterio de protección del SETS.

12.4.3.2.2 Perfeccionamiento del cálculo por medio de la Recomendación UIT-R SM.1541 y los límites de la Categoría B (véase la Recomendación UIT-R SM.329)

12.4.3.2.2.1 Caso de separación de canales de 3,5 y 7 MHz

Se debe señalar que la Recomendación UIT-R F.1496 proporciona la disposición de canales para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz y 56 MHz en esta banda. Esta disposición de canales incluye una banda de guarda de 40 MHz en la banda del servicio fijo.

Esto significa que para separación de canales de 3,5 y 7 MHz, el dominio fuera de banda (que se extiende del 50% al 250% de separación de canales comparado con la frecuencia central de la señal del servicio fijo), se incluirá en la banda de guarda. Por consiguiente, para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 y 7 MHz sólo es necesario considerar las emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales.

La Recomendación UIT-R SM.329 brinda información sobre los niveles de las emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales, en particular, este análisis considera los niveles adoptados en Europa y utilizados por algunos otros países (niveles de Categoría B).

En el caso de sistemas del servicio fijo que funcionan con una separación de canales menor que 10 MHz, hay una etapa previa antes de alcanzar este valor de -60 dB(W/MHz) . A partir de un desplazamiento de $2,5 \times$ separación de canales comparado con la frecuencia central a un desplazamiento de 70 MHz, el límite es igual a -50 dB(W/MHz) (o -60 dBW en una anchura de banda de referencia de 100 kHz).

En el caso de sistemas del servicio fijo que funcionan con una separación de canales menor que 10 MHz, para obtener resultados más reales se adopta la hipótesis que hay una disminución lineal entre el punto de -50 dB(W/MHz) en la máscara y el punto correspondiente al nivel de -60 dB(W/MHz) .

La Fig. 12-3 presenta un ejemplo de la máscara de emisiones no deseadas para un sistema que utiliza una separación de canales de 3,5 MHz.

Se calcula entonces la potencia en el borde de la banda del SETS (52,6 GHz). Esto permite obtener los siguientes valores:

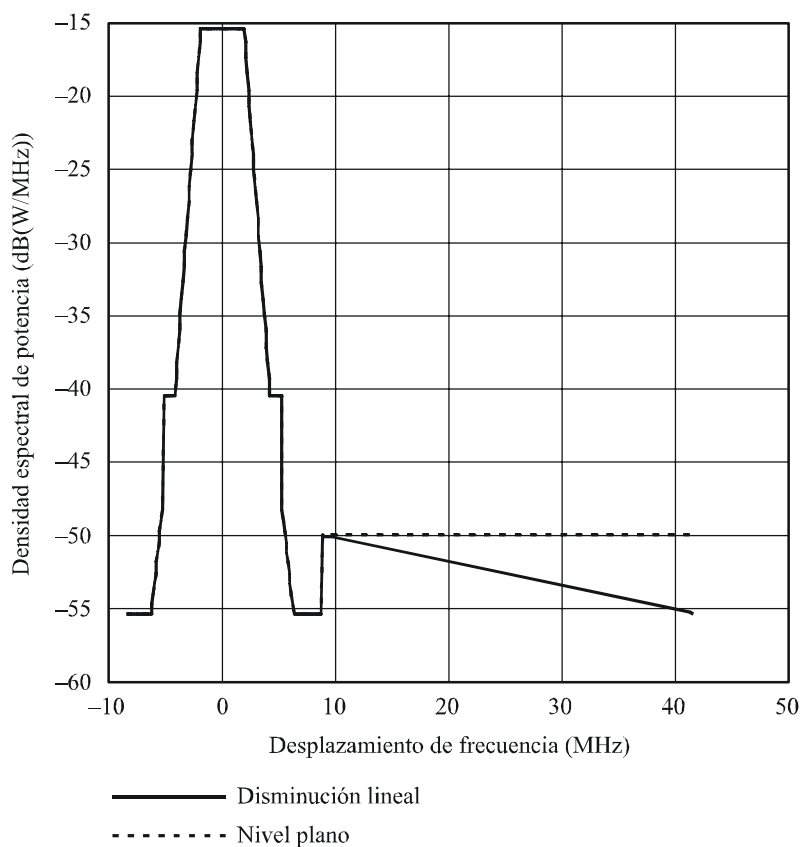
Para separación de canales de 3,5 MHz: $-55,5 \text{ dB(W/MHz)}$.

Para separación de canales de 7 MHz: $-54,5 \text{ dB(W/MHz)}$.

Estos valores se encuentran por debajo del valor mínimo (-53 dB(W/MHz)) que figura en los Cuadros 12-4 y 12-5. Esto significa que se satisfacen los criterios de interferencia del SETS. Por consiguiente, el margen es mucho mayor dado que la potencia interferente se debe integrar sobre una anchura de banda de referencia de 100 MHz.

FIGURA 12-3

Nivel de emisiones no deseadas para un sistema que utiliza una separación de canales de 3,5 MHz



Máscara de emisión no deseada ($-10 \text{ dB(W/3,5 MHz)}/f_c = 52\ 558,25 \text{ MHz}$)

Rap 2092-123

12.4.3.2.2.2 Caso de separación de canales de 14 MHz

Se debe señalar que la Recomendación UIT-R F.1496 proporciona la disposición de canales para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 MHz, 7 MHz, 14 MHz, 28 MHz y 56 MHz en esta banda. Esta disposición de canales incluye una banda de guarda de 40 MHz en la banda del servicio fijo.

Esto significa que para una separación de canales de 14 MHz, el dominio fuera de banda (que se extiende del 50% al 250% de la separación de canales comparada con la frecuencia central de la señal del servicio fijo), se incluirá en la banda de guarda. Por consiguiente, para sistemas que utilizan separación de canales de 3,5 MHz y 7 MHz sólo es necesario considerar las emisiones no deseadas que caen dentro del dominio de emisiones no esenciales.

La Recomendación UIT-R SM.329 brinda información sobre los niveles de las emisiones no esenciales, en particular, este análisis considera los niveles adoptados en Europa y utilizados por algunos otros países (niveles de Categoría B).

En el caso de sistemas del servicio fijo que funcionan con una separación de canales menor que 10 MHz, el límite de emisión no esencial es de -60 dB(W/MHz) .

El nivel de las emisiones no deseadas que caen dentro de una anchura de banda de referencia de 100 MHz se puede calcular directamente mediante la siguiente expresión:

$$P = -60 \text{ dB(W/MHz)} + 10 \times \log(100 \text{ MHz})$$

$$P = -40 \text{ dB(W/100 MHz)}$$

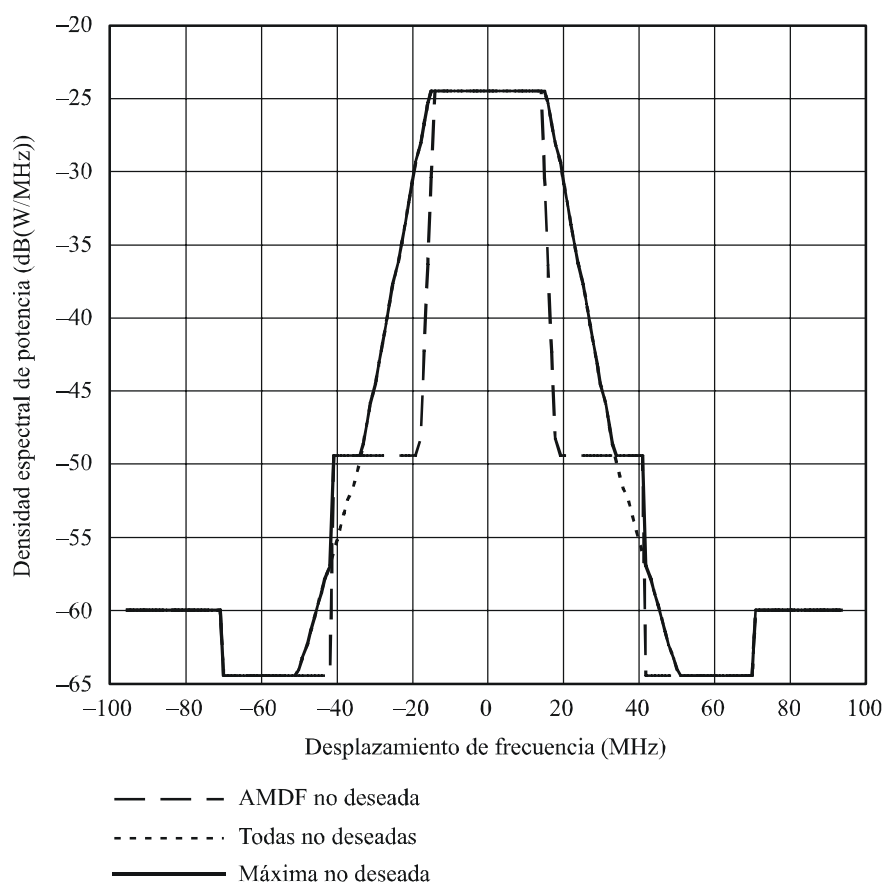
Nuevamente, se satisfacen los criterios de interferencia del SETS ($-33 \text{ dB(W/100 MHz)}$).

12.4.3.2.2.3 Caso de separación de canales de 28 MHz

Para emisiones no deseadas que caen dentro del dominio fuera de banda, se consideran las máscaras fuera de banda que figuran en la Recomendación UIT-R SM.1541 (véase la Fig. 12-1). Las máscaras de emisiones fuera de banda calculadas conforme a la Recomendación UIT-R SM.1541 se indican en la Fig. 12-4.

FIGURA 12-4

Máscara de emisión no deseada para un sistema de separación de canales de 28 MHz



Máscara de emisión no deseada ($-10 \text{ dB(W/28 MHz)}/f_c = 52\,546 \text{ MHz}$)

Rap 2092-124

En el siguiente análisis se considera la envolvente de dos máscaras (hipótesis para el caso más desfavorable).

La Recomendación UIT-R SM.329 brinda información sobre los niveles de las emisiones no esenciales. En particular, este análisis considera los niveles de Categoría B. Para sistemas que funcionan con una separación de canales mayor que 10 MHz, el límite de emisión no esencial es de -60 dB(W/MHz).

Mediante la máscara fuera de banda y el nivel de emisión no esencial indicado en la Recomendación UIT-R SM.329 (Categoría B) es posible calcular el nivel de la emisión no deseada que puede caer en la banda 52,6-52,7 GHz. El valor obtenido para una separación de canales de 28 MHz que funciona a -10 dBW (valor máximo conforme a la Recomendación UIT-R F.758) es de $-40,5$ dBW en una anchura de banda de referencia de 100 MHz. Por tanto, se satisface el criterio de protección del SETS.

12.4.3.2.2.4 Caso de separación de canales de 56 MHz

Se emplea el mismo método que el indicado anteriormente. El valor obtenido para una separación de canales de 56 MHz que funciona en -10 dBW, es de $-38,7$ dBW en una anchura de banda de referencia de 100 MHz. Por tanto, se satisface el criterio de protección del SETS.

12.4.4 Simulación dinámica

Se llevó a cabo una simulación dinámica basada en las características de las estaciones del SF punto a punto que probablemente instalará una administración basándose en la reglamentación aplicable a la banda del SF más próxima a 38,4-40 GHz. Para esta simulación, la regulación nacional para la citada banda 38,4-40 GHz relativa a la máxima p.i.r.e. y a la mínima ganancia de antena se supone aplicable a la banda del SF 51,4-52,6 GHz. En ausencia de un plan de canalización nacional, en esta simulación se supuso la disposición de canales que figura en la Recomendación UIT-R F.1496 para las separaciones de canales del SF punto a punto en la banda 51,4-52,6 GHz. En el Cuadro 12-8 aparecen los parámetros de las estaciones del SF punto a punto utilizados en esta simulación.

El Cuadro 12-8 proporciona dos hipótesis distintas para esta simulación en las que las principales diferencias son la frecuencia central, la anchura de banda necesaria y la potencia de emisión no deseada calculada que cae dentro de la banda del SETS (pasivo) 52,6-52,8 GHz. La potencia de emisión no deseada se determinó integrando la máscara de emisión aplicable a la banda del SF más próxima a lo largo de la anchura de banda de referencia del sensor pasivo.

CUADRO 12-8

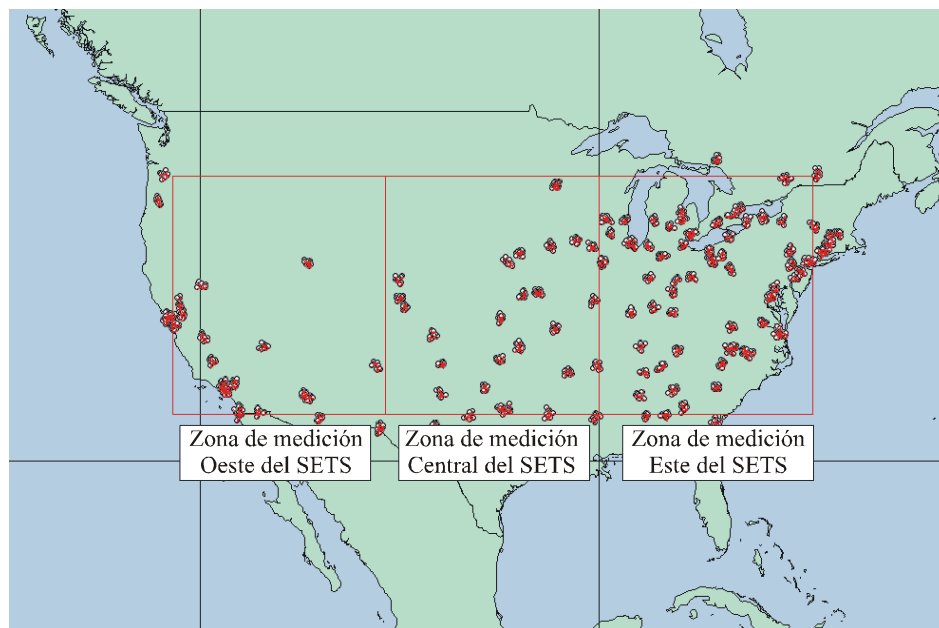
Parámetros de la estación del SF punto a punto

	Hipótesis 1	Hipótesis 2
Frecuencia central (MHz)	52 556,5	52 532,0
Anchura de banda necesaria (MHz)	5	50
p.i.r.e. (dBW)	55	55
Ganancia de antena (dBi)	38	38
Potencia de transmisión (dBW)	17	17
Potencia de emisión no deseada (dB(W/200 MHz)) dentro de la banda del SETS (pasivo)	$-27,0$	$-35,4$
Diagrama de antena del SF	Recomendación UIT-R F.1245-1	Recomendación UIT-R F.1245-1

La Fig. 12-5 ilustra esta instalación de estaciones transmisoras del SF así como tres zonas de medición de sensor pasivo que cubren la administración para la que se determinaron las estadísticas de interferencia mediante el modelo de simulación. Los distintos puntos representan 2 620 estaciones del SF distribuidas aleatoriamente en torno a 131 ciudades importantes de la administración. La densidad de las 2 620 estaciones del SF funcionando en una anchura de banda de 200 MHz en este modelo de instalación del SF es menor que la densidad de estaciones del SF en otras bandas. Por ejemplo, un modelo de simulación similar para estaciones del SF con licencia en la banda 10,6-10,68 GHz contenía 2 652 estaciones del SF en estos 80 MHz de espectro y esta densidad de estaciones del SF ($0,0003$ estaciones SF/km²) promediada en los 10 000 000 km² supuesta para la banda de 51 GHz es muy inferior a la densidad de estaciones del SF ($0,3$ a 1 estación del SF/km²) supuesta en el análisis estático contenido en los puntos precedentes.

FIGURA 12-5

Instalación de estaciones del SF en la banda 51,4-52,6 GHz



Rap 2092-125

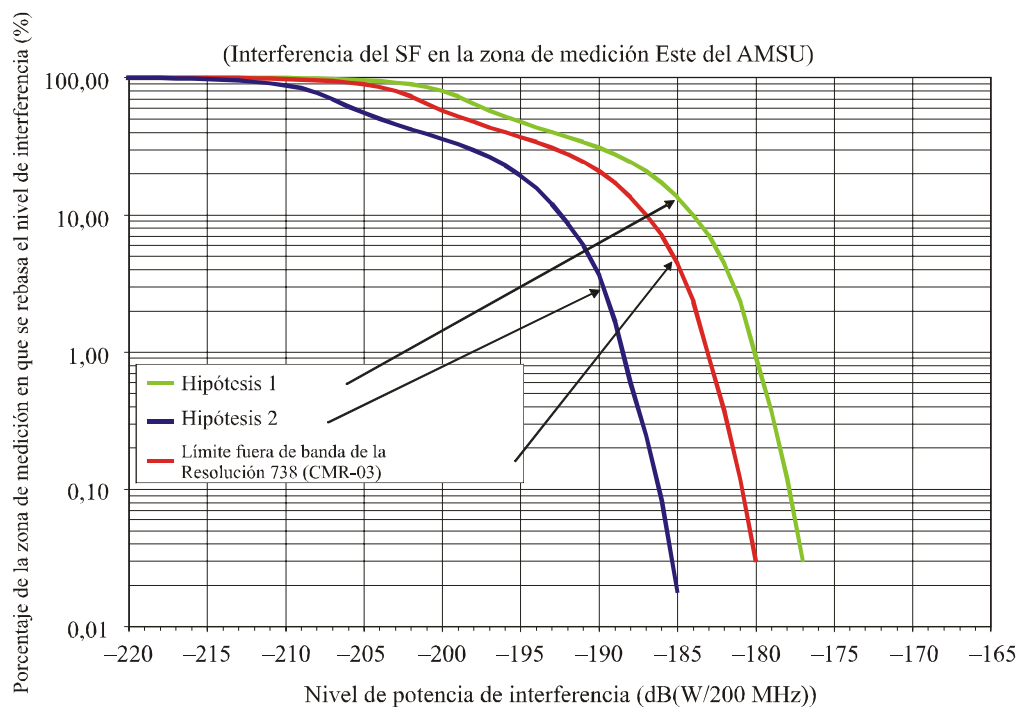
Se realizaron simulaciones para este modelo de instalación en tres zonas de medición adyacentes pero no superpuestas situadas entre las latitudes 32,524° N y 45,476° N y las longitudes 73,898° W y 122,102° W como se ilustra en la Fig. 12-5. Cada una de estas zonas designadas como zonas de medición Este, Central y Oeste tiene una superficie de 2 000 000 km².

Las simulaciones se realizaron para la unidad avanzada de sondeo por microondas -A (AMSU-A) que es un sensor de exploración de nadir incorporado en un cierto número de satélites operacionales tales como el NOAA K, L y M. El sensor AMSU-A va incorporado a un satélite en órbita circular con una altitud de 850 km y una inclinación de 99°. Se supone que la antena del sensor completa un giro en torno a su eje que está alineado con el vector de velocidad del satélite, cada 8 segundos. El haz se dirige a través de 30 ángulos de puntería equiespaciados entre $\pm 48,33^\circ$ con respecto al nadir en intervalos de tiempo de 200 ms para llevar a cabo las mediciones. En los 2 segundos restantes del intervalo de 8 segundos, que se utiliza para calibración, se supone que el sensor está apuntado hacia el cenit del satélite y no se calcula la interferencia durante esta parte de calibración del ciclo de exploración. La entrada del sensor tiene una máxima ganancia de 36 dBi y una anchura de haz a -3 dB de $3,3^\circ$. Se supone que el diagrama del lóbulo lateral de la antena del sensor es conforme al diagrama de antena de referencia especificado en la Recomendación UIT-R F.1245-1.

La interferencia causada por los enlaces ascendentes del SFS al sensor del AMSU pasivo se evalúa en condiciones de propagación en espacio libre más una pérdida adicional para tener en cuenta la absorción debida a los gases atmosféricos descrita en la Recomendación UIT-R P.676-5.

Se realizaron simulaciones para determinar las funciones de distribución acumulativa a lo largo de 16 días con un intervalo de tiempo de 200 ms cuando el sensor pasivo podía tomar puntos de muestra dentro de la zona de medición. Las funciones de distribución acumulativa de la interferencia causada por las estaciones del SF a la banda del SETS (pasivo) 52,6-52,8 GHz se representan en las Figs. 12-6, 12-7 y 12-8 para cada una de las tres zonas de medición analizadas. También se generó una función de distribución acumulativa de comparación suponiendo que cada una de las estaciones del SF con licencia transmitía la potencia de emisión no deseada de -33 dB(W/100 MHz) especificada en la Resolución 738 (CMR-03).

FIGURA 12-6

FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Este

Rap 2092-126

FIGURA 12-7

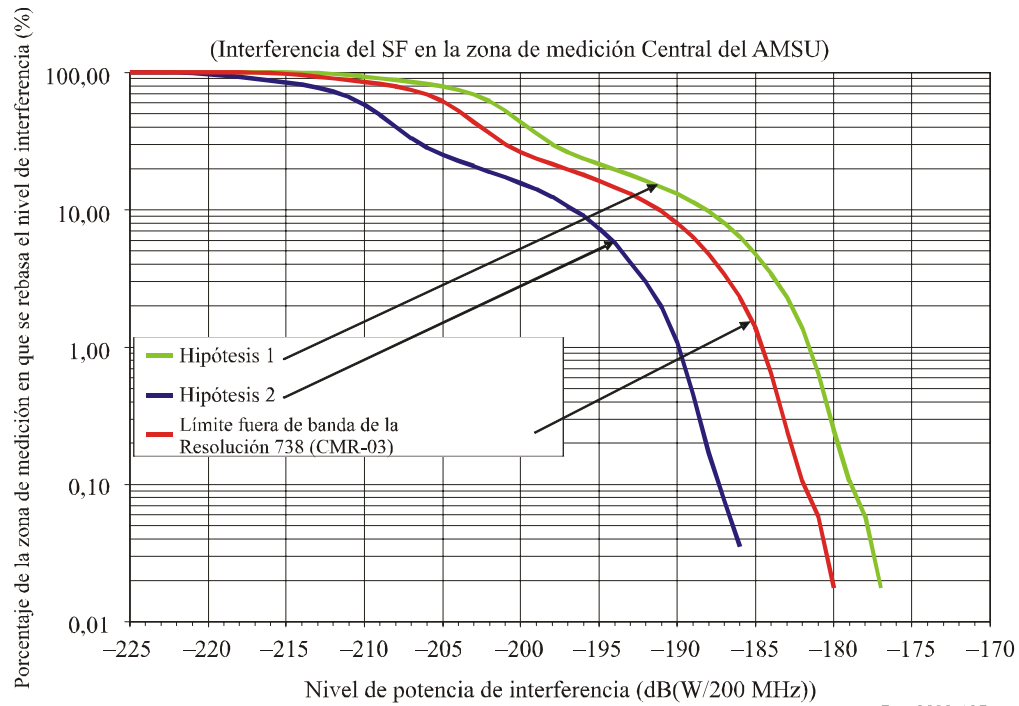
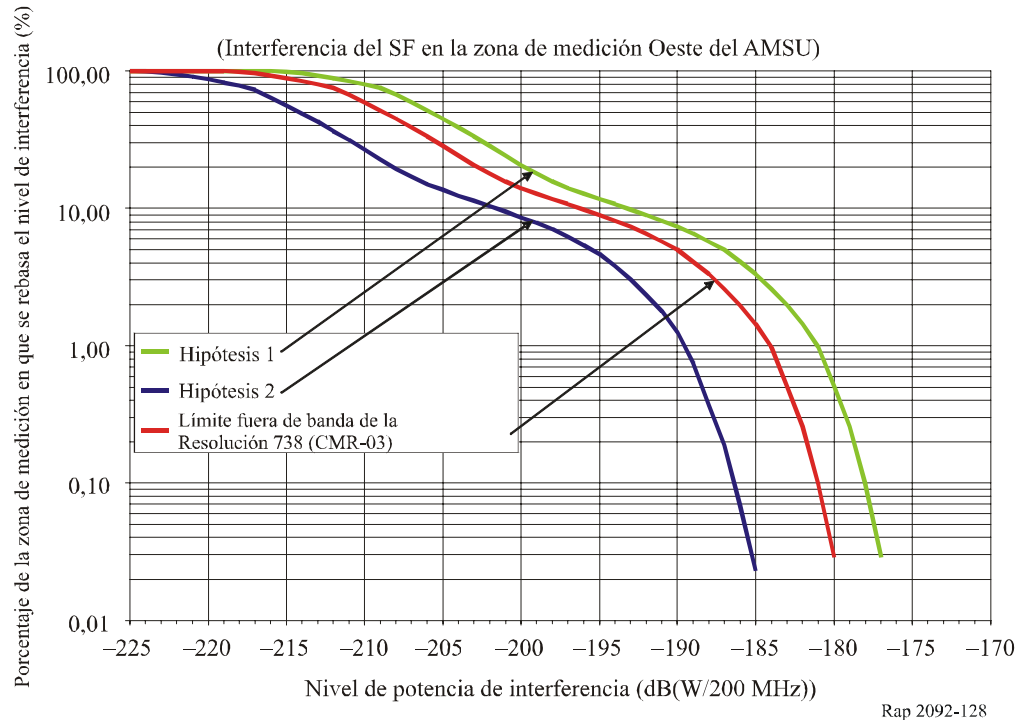
FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Central

FIGURA 12-8

FDA de la interferencia del SF – Zona de medición Oeste

12.5 Técnicas de reducción de la interferencia

12.5.1 SETS (pasivo)

No es necesario aplicar ninguna técnica de reducción de la interferencia.

12.5.2 SF

En el diseño de sistemas del servicio fijo no es necesario aplicar técnicas adicionales de reducción de la interferencia.

12.5.3 Posibles repercusiones

12.5.3.1 SETS

Sin repercusiones.

12.5.3.2 SFS

Sin repercusiones.

12.6 Resultados de los estudios

12.6.1 Resumen

En este punto se ha demostrado que el nivel de emisiones no deseadas de sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz satisfacen los criterios de protección del SETS.

También se llevó a cabo una simulación dinámica para evaluar la repercusión de las emisiones no deseadas procedentes de las estaciones actualmente con licencia en una administración, así como una futura hipótesis de crecimiento extrapolada a partir de estas estaciones con licencia. La densidad de estaciones punto a punto promediada en toda la zona de simulación de 10 000 000 km² en estos modelos de instalación fue muy inferior que la densidad del SF del caso más desfavorable dentro del haz principal del sensor pasivo supuesto en los cálculos estáticos por un factor de 0,03-0,04%. Los resultados de estas simulaciones dinámicas indican que el criterio de interferencia admisible del SETS (pasivo) especificado en la Recomendación UIT-R RS.1029-2 no se rebasa en el caso de los sensores pasivos AMSU para las densidades de estaciones del SF supuestas más bajas, incluso cuando los niveles de potencia de transmisión de la emisión no deseada de las estaciones del SF punto a punto supera el valor de -33 dB(W/100 MHz) de la potencia de emisión no deseada, especificado en la Resolución 738 (CMR-03).

12.6.2 Conclusiones

El nivel de emisiones no deseadas procedente de sistemas del servicio fijo en la banda 51,4-52,6 GHz pueden alcanzar el valor de -33 dB(W/100 MHz), lo que asegura la compatibilidad entre los sistemas del SETS y del SF en 52,6 GHz.
