

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SA.1164-4
(08/2019)

**Criterios de compartición y coordinación
para los enlaces de servicio de los sistemas
de recogida de datos que utilizan satélites
OSG en los servicios de exploración
de la Tierra por satélite
y de meteorología por satélite**

Serie SA
Aplicaciones espaciales y meteorología



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2020

© UIT 2020

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

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1164-4

Criterios de compartición y coordinación para los enlaces de servicio de los sistemas de recogida de datos que utilizan satélites OSG en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite

(Cuestión UIT-R 142/7)

(1995-1997-1999-2018-2019)

Cometido

En la presente Recomendación se especifican los criterios de compartición y coordinación necesarios para proteger los enlaces de servicio de los sistemas de recogida de datos en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite utilizando los criterios de interferencia combinada que figuran en la Recomendación UIT-R SA.1163.

Palabras clave

Criterios de compartición, criterios de coordinación, límites de potencia, sistemas de recogida de datos

Recomendaciones e Informes del UIT-R conexos

Recomendación UIT-R SA.1023 – Metodología para determinar los criterios de compartición y coordinación de los sistemas que intervienen en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite

Recomendación UIT-R SA.1163 – Criterios de interferencia para los enlaces de servicio en los sistemas de recogida de datos de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite

Recomendación UIT-R SM.1448 – Determinación de la zona de coordinación alrededor de una estación terrena en las bandas de frecuencias entre 100 MHz y 105 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (incluido el servicio de meteorología por satélite (MetSat)) pueden ser compartidas por varios sistemas, incluyendo sistemas que funcionan en otros servicios;
- b)* que en la Recomendación UIT-R SA.1163 se especifican los criterios de interferencia necesarios para determinar los criterios de compartición;
- c)* que los criterios de compartición pueden determinarse utilizando la metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1023;
- d)* que la distribución típica de las estaciones interferentes puede variar en el transcurso de los años como resultado del aumento del número de sistemas y de las revisiones de las atribuciones de bandas de frecuencias adoptadas por las conferencias mundiales de radiocomunicaciones;
- e)* que controlando la utilización del espectro de radiofrecuencias en su propio territorio y mediante la coordinación internacional de las asignaciones de frecuencia, las administraciones pueden ejercer un cierto grado de control sobre el número de sistemas que pueden provocar interferencia a niveles significativos;

f) que no es probable que los niveles de interferencia que aparecen en las estaciones terrenas operando a bordo de barcos en el servicio MetSat sean más elevados que los que sufren las estaciones terrenas operando en tierra;

g) que la Recomendación UIT-R SM.1448 proporciona las metodologías para determinar cuándo debe asegurarse la coordinación entre las estaciones terrenas de transmisión y las estaciones terrenas,

recomienda

1 que se utilicen los niveles de interferencia procedente de una sola fuente indicados en el Cuadro 1, conforme a los análisis descritos en el Anexo 1, como criterios de compartición y coordinación o como base para formas alternativas de criterios de compartición (por ejemplo, límites de dfp), a fin de proteger las estaciones que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite y en el servicio MetSat;

2 que como valor umbral para la coordinación entre las estaciones espaciales de transmisión y las estaciones terrenas de recepción que funcionan en el servicio MetSat se utilice el 6% de incremento de cresta de la temperatura de ruido equivalente del enlace;

3 que se examine periódicamente la distribución de las fuentes de interferencia especificadas en el Anexo 1 y para la banda de frecuencias 401-403 MHz en el Anexo 2, para determinar si debe revisarse el entorno de interferencia típico y los consiguientes criterios de compartición.

CUADRO 1

Criterios de compartición para las estaciones del SETS y el MetSat

Banda de frecuencias (MHz)	Estación sometida a interferencia	Potencia de la señal interferente (dBW) en el ancho de banda de referencia que no debe rebasarse más del 20% del tiempo		Potencia de la señal interferente (dBW) en el ancho de banda de referencia que no debe rebasarse más del $p\%$ del tiempo	
		Espacio-Tierra	Terrenal	Espacio-Tierra	Terrenal
401-403 Tierra-espacio	Estación espacial	-201,5 dBW por 100 Hz ^{(2) (3)}	-201,5 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-186,4 dBW por 100 Hz ^{(1) (3)} $p = 0,075$	-187,7 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,025$
1 670-1 690 espacio-Tierra	Estación terrena	-218,8 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-198,8 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-195,1 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,0025$	-194,3 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,011$
2 025-2 110 Tierra-espacio	Estación espacial	-211,2 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-194,3 dBW por 100 Hz ⁽²⁾	-187,6 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,0025$	-186,7 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,011$
460-470 espacio-Tierra	Estación terrena	-207,5 dBW por 100 Hz ⁽¹⁾	-187,5 dBW por 100 Hz ⁽¹⁾	-183,9 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,01$	-183 dBW por 100 Hz ⁽²⁾ $p = 0,045$

⁽¹⁾ La potencia de la señal interferente (dBW) en el ancho de banda de referencia se da para una recepción con ángulos de elevación superiores a 5°.

⁽²⁾ La potencia de la señal interferente (dBW) en el ancho de banda de referencia se da para una recepción con ángulos de elevación superiores a 3°.

⁽³⁾ Estos valores representan múltiples fuentes de interferencia en el sentido espacio-espacio. Véase el Anexo 2.

Notas relativas al Cuadro 1:

NOTA 1 – Los umbrales de potencia de señal interferente de una sola fuente en este Cuadro 1 son los niveles admisibles de potencia de señal interferente que caen dentro del ancho de banda de referencia especificado. En consecuencia, la potencia total de las señales interferentes cuyo ancho de banda es menor que el ancho de banda de referencia debe considerarse en los análisis de compartición de frecuencias. Cuando el ancho de banda de la señal interferente es mayor que el ancho de banda de referencia o no cubre totalmente la banda de paso del receptor específico sometido a estudio, debe aplicarse el rechazo dependiente de la frecuencia disponible junto con los niveles de interferencia admisibles especificados. En las Recomendaciones UIT-R pertinentes de la Serie SM figuran orientaciones sobre este tema.

NOTA 2 – Los criterios de compartición pueden expresarse en forma de dfp admisible en el haz principal de la antena receptora, restando $10 \log (G \lambda^2/4\pi)$ a los valores del Cuadro 1, donde G es la ganancia de la antena y λ la longitud de onda.

NOTA 3 – Para obtener los criterios de compartición anteriores a partir de los niveles admisibles de potencia total de la señal interferente no se ha tenido en cuenta la interferencia producida por las emisiones no esenciales.

NOTA 4 – El nivel especificado de potencia de la señal interferente procedente de una sola fuente puede convertirse directamente a valores equivalentes de dfp y aplicarse como esos valores únicamente en el caso de estaciones terrenas que utilizan antenas de baja ganancia sin seguimiento.

NOTA 5 – Para que la interferencia tenga un nivel igual o inferior al admisible deben cumplirse los criterios de compartición a largo plazo (20% del tiempo) y a corto plazo (menos del 1% del tiempo).

NOTA 6 – Los criterios de compartición especificados para los trayectos de señales terrenales interferentes son aplicables a las estaciones en tierra. Los criterios para los trayectos de las señales interferentes espacio-Tierra también pueden aplicarse a los trayectos aire-superficie.

Anexo 1

Bases para los criterios de compartición y coordinación

1 Introducción

Este Anexo presenta la aplicación de la Recomendación UIT-R SA.1023 utilizando los criterios de interferencia a los que se llega en la Recomendación UIT-R SA.1163. Los niveles de interferencia admisible se dividen, de acuerdo con la Recomendación UIT-R SA.1023, en las categorías espacial y terrenal y, posteriormente, en el número de fuentes de interferencia que cabe prever dentro de cada categoría. En el Cuadro 2 se indican las bases de esta división y en los puntos siguientes se examina brevemente el entorno de interferencia en cada banda.

2 Banda 401-403 MHz

La banda 401-402 MHz está atribuida a los servicios de ayudas a la meteorología, de operaciones espaciales (sentido espacio-Tierra), de exploración de la Tierra por satélite (Tierra-espacio) y de meteorología por satélite (Tierra-espacio) a título primario, y a los servicios fijo y móvil (salvo móvil aeronáutico) a título secundario. En el marco de esta banda, las atribuciones a los servicios espaciales en ambos sentidos deben tener en cuenta la interferencia que puede surgir en el sentido espacio-espacio. Este caso se aborda con mayor detenimiento en el Anexo 2.

La banda 402-403 MHz está atribuida a las ayudas a la meteorología, el SETS (Tierra-espacio) y el MetSat (Tierra-espacio) a título primario y a los servicios fijo y móvil (salvo móvil aeronáutico) a título secundario.

La mayoría del tiempo, cabe esperar que las estaciones de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y MetSat produzcan niveles de interferencia más elevados que las de los servicios terrenales. A corto plazo, las mejoras de propagación en los trayectos de interferencia terrenales y la variación en el emplazamiento de las estaciones móviles pueden provocar niveles de interferencia similares a los procedentes de los trayectos espacio-Tierra y las estaciones terrenales.

3 Banda 460-470 MHz

La banda 460-470 MHz está atribuida a los servicios móvil y fijo a título primario y al servicio de meteorología por satélite. La mayor parte del tiempo la interferencia procederá de las estaciones terrenales. Durante breves periodos de tiempo cabe esperar la aparición de fuentes de interferencia adicional procedentes de los sistemas espaciales.

4 Banda 1 670-1 690 MHz

La banda 1 670-1 690 MHz está atribuida a título primario a los servicios de ayudas a la meteorología, al MetSat (espacio-Tierra) y a los servicios fijo y móvil y, y la banda 1 670-1 675 MHz está atribuida a título primario al servicio móvil por satélite (Tierra-espacio).

5 Banda 2 025-2 110 MHz

La banda 2 025-2 110 MHz está atribuida a título primario a los servicios fijo y móvil, al servicio de investigación espacial (Tierra-espacio y espacio-espacio), al servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio y espacio-espacio), y a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (Tierra-espacio y espacio-espacio).

CUADRO 2

Parámetros utilizados para obtener los criterios de compartición

Banda de frecuencias (MHz)	Distribución a largo plazo entre categorías de fuentes de interferencia		Distribución a corto plazo entre categorías de fuentes de interferencia		Número equivalente de fuentes de interferencia a largo plazo		Número equivalente de fuentes de interferencia a corto plazo	
	Trayecto de la señal interferente		Trayecto de la señal interferente		Trayecto de la señal interferente		Trayecto de la señal interferente	
	Espacio-Tierra	Terrenal	Espacio-Tierra	Terrenal	Espacio-Tierra	Terrenal	Espacio-Tierra	Terrenal
401-403	90%	10%	75%	25%	9 ⁽¹⁾	1	1	1
1 670-1 690	1%	99%	10%	90%	1	1	1	2
2 025-2 110	1%	99%	10%	90%	1	2	1	2
460-470	1%	99%	10%	90%	1	1	1	2

⁽¹⁾ Este valor representa el número de fuentes de interferencia espacio-Tierra en la línea de visión del enlace Tierra-espacio afectado en la OSG. Véase el Anexo 2.

Anexo 2

Aplicación de los criterios de compartición y coordinación en la banda de frecuencias 401-403 MHz

1 Introducción

En el presente Anexo se aborda la aplicación de los criterios de compartición para la protección de los sistemas de recogida de datos (DCS) en la banda 401-403 MHz, habida cuenta de la evolución de la atribución y de su futuro uso.

En los últimos tiempos, se ha registrado un creciente interés en la utilización de sistemas de satélites pequeños con fines diversos, incluidas las misiones de detección de referencia terrestre y de comunicaciones¹. Algunos de estos nuevos sistemas se han notificado con miras a la utilización de la banda de operaciones espaciales 401-402 MHz (espacio-Tierra), que está atribuida a título primario al servicio de ayudas meteorológicas, el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (Tierra-espacio) y el servicio de meteorología por satélite (MetSat) (Tierra-espacio).

Los satélites pequeños pueden utilizar la banda 401-402 MHz para operaciones espaciales en el sentido espacio-Tierra. Dadas sus reducidas dimensiones, las antenas utilizadas para las comunicaciones espacio-Tierra también pueden ser de menor tamaño, lo que limita la ganancia de antena que puede lograrse². Además, puede que no sea posible mantener la orientación espacio-Tierra de una antena. Estos factores podrían generar un nivel significativo de energía de radiofrecuencia interferente en dirección a la órbita geoestacionaria, donde los satélites meteorológicos reciben las señales de los DCS.

2 Límites de potencia para proteger los DCS

El presente Anexo se centra en la necesidad de que los límites de potencia comprendan los transmisores del servicio de operaciones espaciales en la banda 401-403 MHz, con miras a la protección de las estaciones espaciales receptoras del SETS y el MetSat en los satélites geoestacionarios en que el trayecto interferente discurre en el sentido espacio-espacio. Este análisis ilustra la adaptación de los criterios de compartición existentes al caso especial del creciente uso de la atribución espacio-Tierra para controlar posibles interferencias al funcionamiento de los DCS.

En el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R SA.1163 se definen los criterios de interferencia a corto y largo plazo para la banda de 401-403 MHz. Los criterios a largo plazo, especificados en la entrada del receptor del satélite, se fijan en $-191,5$ dB(W/100 Hz). El valor de los criterios a largo plazo es pertinente para este análisis porque la interferencia procedente de una constelación completa de satélites en órbita terrestre baja puede considerarse de largo plazo en los casos en que se observa desde un receptor del SETS o el MetSat estacionado en la órbita geoestacionaria.

¹ Véase el Informe UIT-R SA.2312-0 – Características, definiciones y requisitos de espectro de los nanosatélites y los picosatélites, así como de los sistemas integrados por estos últimos.

² En el Cuadro 2 del Informe UIT-R SA.2312-0 se describe la direccionalidad de las antenas de los típicos sistemas de nanosatélites y de picosatélites como «normalmente, de tan solo 1 o 2 antenas activas por banda, a menudo omnidireccionales (por ejemplo, debido a la falta de mecanismos de control de la actitud y/o de puntería de la antena)».

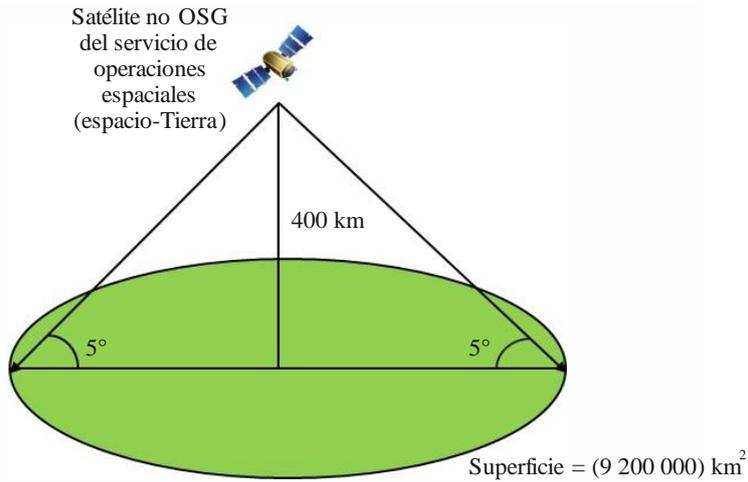
En las siguientes secciones se deriva un límite de potencia para proteger los receptores del SETS y el MetSat y, a continuación, se traduce a una dfp que puede ser evaluada a lo largo de la órbita geoestacionaria. Además, se describe un método racional para evaluar la relación entre los criterios de interferencia combinada y un límite para la interferencia procedente de una sola fuente, en el contexto actual en que los sistemas espaciales evolucionan rápidamente. En primer lugar, se estima el máximo número probable de transmisores de operaciones espaciales en órbita terrestre baja que funcionan en la misma frecuencia y se hallan en la línea de visión. En segundo lugar, el criterio de interferencia aplicable de la Recomendación UIT-R SA.1163 se divide por ese valor, a fin de obtener un límite de potencia de interferencia de una sola entrada en el receptor del SETS en órbita geoestacionaria. Acto seguido, dicho límite de potencia de una sola fuente se traduce en un límite de dfp de una sola fuente, que puede evaluarse en la órbita geoestacionaria.

2.1 Estimación de los transmisores en órbita terrestre baja del servicio de operaciones espaciales que funcionan en la misma frecuencia y se hallan en la línea de visión desde la órbita geoestacionaria

En principio, se presume que no puede existir más de un satélite en órbita terrestre baja que transmita a una cierta estación de operaciones espaciales en tierra en una frecuencia determinada. La zona en torno a la estación en tierra a la que se aplica lo anterior puede denominarse «zona de exclusión de una sola frecuencia». Asumiendo que la constelación se halle a una altitud orbital común de 400 km, la superficie de la zona de exclusión de frecuencia común rondaría los 9 200 000 km² (véase la Fig. 1). La superficie total en la línea de visión del satélite geoestacionario sería de 226 000 000 km². En consecuencia, existirían unas 25 zonas de exclusión de esta índole en la línea de visión de un satélite geoestacionario. Si además se asume que no es posible utilizar la misma frecuencia en zonas de exclusión adyacentes, ya que en la práctica se darán superposiciones geográficas, entonces, en el caso de mayor densidad, la misma frecuencia podría utilizarse en aproximadamente 1/3 de estas zonas de exclusión (reutilización de frecuencias en tres colores) o en ocho o nueve zonas aproximadamente (véase la Fig. 2). En este análisis se asume que 9 zonas podrían estar reutilizando una frecuencia común de operaciones espaciales en la línea de visión de un satélite geoestacionario.

FIGURA 1

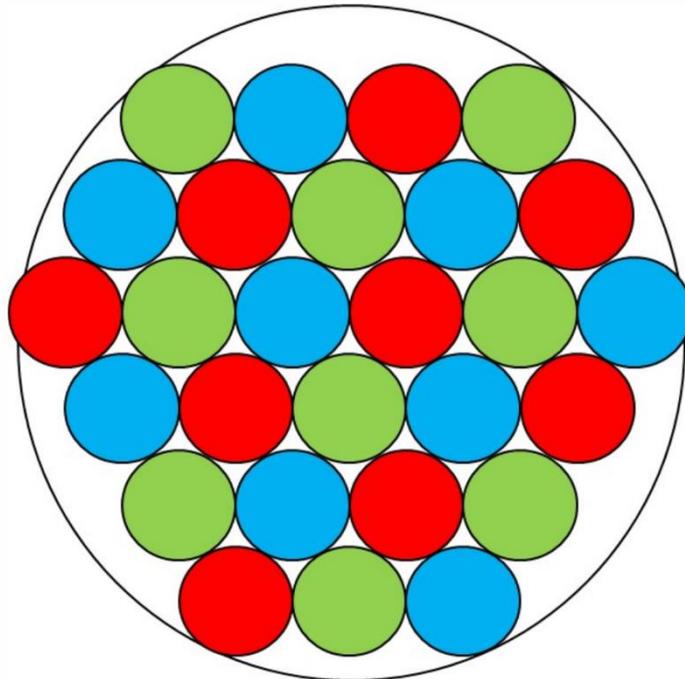
Zona de exclusión de una sola frecuencia



SA.1164-01

FIGURA 2

Reutilización de frecuencias en tres colores



SA.1164-02

2.2 Cálculo del límite de potencia (a largo plazo) para proteger los DCS

Dado que se estima que nueve satélites en la línea de visión de un receptor DCS podrían estar utilizando la misma frecuencia y que la distribución de la potencia de interferencia en el trayecto espacio-Tierra equivale al 90% de la potencia de interferencia total (véase el Cuadro 2), el límite de potencia de interferencia de una sola fuente en el receptor de satélite de DCPR es el siguiente:

$$-191,5 \text{ dB(W/100 Hz)} + 10 \cdot \text{LOG}_{10}(0,9) - 10 \cdot \text{LOG}_{10}(9) = -201,5 \text{ dB(W/100 Hz)}.$$

2.3 Cálculo del límite de la dfp (a largo plazo) para proteger los DCS

La conversión a un límite de dfp de una sola fuente figura en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Criterios de compartición a largo plazo y cálculo de la dfp para proteger los DCS

Criterios de compartición a largo plazo y cálculo de la dfp para proteger los DCS	Valor	Unidades
Criterios de interferencia (Rec. UIT-R SA.1163, Cuadro 1)	-191,5	dB(W/100 Hz)
Distribución del trayecto de interferencia espacio-Tierra	90	%
Criterios de interferencia, componente del trayecto espacio-Tierra	-192,0	dB(W/100 Hz)
Número equivalente de fuentes de interferencia a largo plazo	9	-
Criterios de compartición (una sola fuente)	-201,5	dB(W/100 Hz)
Ganancia de la antena receptora del vehículo espacial DCPR ⁽¹⁾	13,8	dBi
Zona isótropa de recepción	-13,5	dB(m ²)
dfp (una sola fuente) en el ancho de banda de referencia	-201,8	dB(W/m ² /100 Hz)

⁽¹⁾ La ganancia de la antena receptora del vehículo espacial DCPR se ha obtenido del Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R SA.1163.

Así, los criterios de compartición equivalentes, expresados en forma de dfp de una sola fuente en la órbita geoestacionaria, equivalen a $-201,8$ dB(W/m²/100 Hz). Este es el límite para la interferencia procedente de una sola fuente que han de cumplir todos los satélites del servicio de operaciones espaciales que funcionen en la banda de frecuencias 401-403 MHz.