

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1719

Compartición entre el servicio fijo punto a punto y punto a multipunto y las estaciones terrenas transmisoras de los sistemas OSG y no OSG del SFS en la banda 27,5-29,5 GHz

(Cuestiones UIT-R 237/4 y UIT-R 206/9)

(2005)

Cometido

Esta Recomendación examina la compartición que se describe en el título. En el Anexo figuran diversas metodologías de análisis de la interferencia en apoyo del *recomienda* para que las administraciones eviten el despliegue de estaciones receptoras del SFS y de un gran número de estaciones terrenas transmisoras del SFS con frecuencias superpuestas en la banda 27,5-29,5 GHz y en la misma zona geográfica.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) atribuye la banda 27,5-29,5 GHz al servicio fijo y al SFS (Tierra-espacio), así como al servicio móvil con carácter primario;
- b) que la utilización de la banda 28,6-29,1 GHz por los sistemas del SFS está sujeta al número 5.523A del RR;
- c) que las estaciones terrenas individuales del SFS pueden coordinarse en toda la banda 27,5-29,5 GHz;
- d) que algunos sistemas del SFS prevén desplegar un número reducido de estaciones terrenas con grandes antenas, coordinándose entre sí;
- e) que las aplicaciones de gran densidad del SFS (SFSD) emplean un gran número de pequeños terminales de usuario de pequeña abertura instalados de forma ubicua;
- f) que los métodos convencionales para coordinar dichas estaciones terrenas del SFS desplegadas de forma ubicua en gran número pueden suponer una gran carga para las administraciones;
- g) que las administraciones que deseen evitar la interferencia potencial entre las estaciones terrenas del SFS descritas en el *considerando* f) y las estaciones del servicio fijo pueden emplear algún tipo de segmentación de la banda en todo su territorio o sobre una base geográfica,

reconociendo

- a) que con independencia de la segmentación de la banda por una administración, sigue siendo necesaria la coordinación con otras administraciones según el RR,

recomienda

- 1** que las administraciones eviten el despliegue de estaciones receptoras del servicio fijo y de un gran número de estaciones terrenas transmisoras del SFS con frecuencias superpuestas en la banda 27,5-29,5 GHz y en la misma zona geográfica, teniendo en cuenta los resultados de los estudios que figuran en el Anexo 1.

Anexo 1

Compartición entre el servicio fijo punto a punto y punto a multipunto y las estaciones terrenas transmisoras de los sistemas OSG y no OSG del SFS en la banda 27,5-29,5 GHz

1 Introducción

Se han identificado y atribuido bandas de frecuencias para la utilización por los sistemas OSG y no OSG del SFS en las bandas de 28 GHz compartidas con carácter primario con el servicio fijo. La CMR-95 y la CMR-97 facilitaron la utilización de las bandas 18,8-19,3 GHz y 28,6-29,1 GHz por los sistemas no OSG del SFS en atribuciones del SFS. En el presente Anexo se estudia la interferencia procedente de estaciones terrenas OSG y no OSG del SFS que transmiten en la banda 27,5-29,5 GHz en un receptor del servicio fijo.

El funcionamiento cofrecuencia de los sistemas de distribución multipunto (MDS) (por ejemplo, los sistemas de comunicación/distribución multipunto local (LMCS/LMDS)) o de los sistemas punto a punto (P-P) del servicio fijo y las estaciones terrenas del SFS (Tierra-espacio) en la misma zona geográfica será difícil y limitaría considerablemente el despliegue de ambos tipos de servicios. Todo receptor de sistema del servicio fijo puede sufrir interferencia de larga duración y significativa a corto plazo procedente de los enlaces ascendentes del SFS, tal como se representa en la Fig. 1. La gravedad de esta interferencia es función de la separación de los terminales, del terreno y los obstáculos artificiales, de la discriminación de la antena, de la potencia de salida de la estación terrena del SFS y del margen de interferencia de los sistemas del servicio fijo.

Este Anexo contiene la descripción y los resultados de dos análisis. Uno de éstos es el enfoque determinista, el otro es el estadístico.

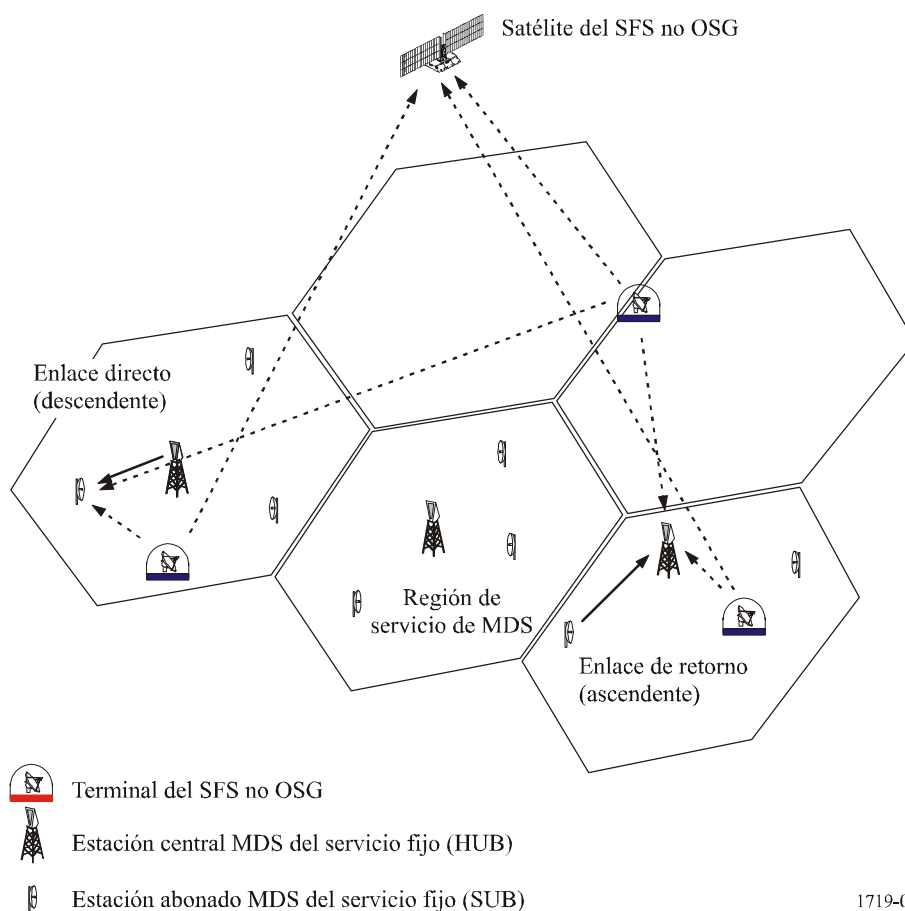
2 Descripción del MDS

Se ha elaborado una descripción genérica de un sistema MDS utilizando parámetros congruentes con la Recomendación UIT-R F.758. La aplicabilidad de estos parámetros en la banda 27,5-29,5 GHz ha sido confirmada por los actuales fabricantes y operadores de equipo MDS. Las características representativas del receptor de RF de la Recomendación UIT-R F.758 que se utilizaron en los análisis deterministas se representan en el Cuadro 1 para cinco estaciones centrales y cuatro estaciones de abonado.

Las redes MDS comprenden una o más estaciones centrales que dan servicio a múltiples estaciones de abonado. Dichos abonados se asignan a una estación central, sobre la base de la proximidad. Las estaciones centrales emplean una antena omnidireccional o por sectores, mientras que las estaciones de abonado suelen utilizar una antena parabólica de ganancia muy superior. Los enlaces del trayecto de servicio serán típicamente de unos 5 km. Dependiendo de la modulación y de los métodos de acceso, una estación central puede potencialmente dar cabida a un gran número de usuarios.

La Recomendación UIT-R F.758 ofrece también las características de los enlaces del servicio fijo y los fabricantes han confirmado su validez en la banda 27,5-29,5 GHz. Las ganancias de antena suelen ser superiores en los enlaces P-P del servicio fijo que en los del MDS y pueden llegar a 46 dBi.

FIGURA 1
Entorno de compartición SFS/servicio fijo



CUADRO 1

Descripción del receptor del sistema genérico MDS

Parámetro	Sistemas centrales				
	HUB 1	HUB 2	HUB 3	HUB 4	HUB 5
Receptor central	HUB 1	HUB 2	HUB 3	HUB 4	HUB 5
Ganancia del receptor (dBi)	20 (90° sector)	15 (90° × 15°)	15 (90° × 15°)	24 (45° × 3°)	24 (45° × 3°)
Anchura de banda de FI (MHz)	16,4	1,36	2,50	1,36	2,50
Factor de ruido del receptor (dB)	10	7,5	7,5	7,5	7,5
Potencia de ruido (dBW)	-121,8	-135,1	-132,5	-135,1	-132,5
Interferencia de larga duración (dBW)	-131,8	-144,3	-141,6	-144,3	-141,6
	Sistemas de abonado				
Receptor de abonado	SUB A	SUB B	SUB C	SUB D	
Ganancia del receptor (dBi)	47	36	36	36	
Anchura de banda de FI (MHz)	16,4	40	1,36	50	
Factor de ruido del receptor (dB)	8	7	7	7	
Potencia de ruido (dBW)	-123,8	-121,0	-135,6	-120,0	
Interferencia de larga duración (dBW)	-133,8	-130,1	-144,8	-129,1	

3 Descripciones del enlace ascendente del SFS

Los estudios anteriores sobre distancias de coordinación y distancias de separación requeridas entre estaciones terrenas del servicio fijo y del SFS han mostrado que los resultados son similares tanto si la estación terrena del SFS se comunica con un satélite OSG o con uno no OSG. Estos análisis examinan ambas estaciones terrenas del SFS no OSG y OSG.

3.1 Sistemas genéricos del SFS no OSG

Se han propuesto diversos sistemas distintos del SFS no OSG con varias características del enlace ascendente. El Cuadro 2 ofrece un resumen abreviado de diversos parámetros del enlace ascendente no OSG que son útiles al evaluar la interferencia potencial en un receptor MDS. Para el sistema LEOSAT-1 se especifica una potencia de transmisión en cielo despejado de $-0,7$ dBW en 3,1 MHz. El lóbulo lateral exterior para una pequeña antena de 0,3 m sería de $-3,8$ dBi. Las distancias se reducirían si hubiera que utilizar antenas del SFS con características mejoradas de los lóbulos laterales. En un enlace ascendente del USAMEO-1 se especifica una potencia en cielo despejado de aproximadamente 11,3 dBW en 2,8 MHz, utilizando una antena de 90 cm. Sobre la base de la Recomendación UIT-R S.465, el nivel del lóbulo lateral exterior sería de $-9,6$ dBi.

CUADRO 2

Ejemplos de parámetros del enlace ascendente de un sistema del SFS no OSG

Sistema	Ganancia (dBi)	Anchura de banda (MHz)	Densidad de la p.i.r.e. (dB(W/Hz))
USAMEO-4	41,9	1,445	-21,4
USAMEO-1 65 cm	44,16	0,562	-6,06
USAMEO-1 90 cm	46,98	2,812	-6,25
USAMEO-3 32 cm	38,8	2,628	-26,90
USAMEO-3 52 cm	44,0	13,142	-26,89
USAMEO-2 KSL	55,2	250,0	-17,27
LEOSAT-2 DTH	35,6	4,244	-33,08
LEOSAT-2 LB	48,4	97,421	-31,39
LEOSAT-2 SB	45,9	20,31	-33,28
USAKA-L1 FWD	56,0	22,6	-21,31
USAKA-L1 RTN	39,8	2,93	-26,15
LEOSAT-1 TST	35,2	3,1	-30,41

4 Análisis para sistemas del SFS no OSG y del servicio fijo punto a multipunto (P-MP)

Toda estación terrena transmisora del SFS puede contribuir a los niveles de interferencia de corta y larga duración en las estaciones central y de abonado MDS.

4.1 Análisis determinista

Las distancias de separación requeridas para evitar la interferencia perjudicial entre un transmisor de estación terrena del SFS y un receptor del servicio fijo pueden calcularse utilizando el procedimiento de la ecuación simplificada del enlace que se describe en el Apéndice 1 del presente

Anexo. En los cálculos se suponen mecanismos de propagación con visibilidad directa en condiciones de cielo despejado y unas pérdidas adicionales de transmisión debidas a la difracción por la tierra esférica para trayectos transhorizonte. No se ha tenido en cuenta la atenuación debida a la lluvia. En este análisis, no se incluyeron las ventajas de los bloqueos del terreno y de la discriminación adicional de la antena de los terminales del servicio fijo (derivada de las distintas elevaciones), porque no pueden garantizarse sus efectos en cualquier escenario. Aunque dichos efectos puedan traducirse en mejoras de la interferencia, éstas tenderían a compensarse por los otros tres factores que harían incrementar la interferencia en un análisis detallado:

- en el presente análisis se adopta la hipótesis prudente de que la antena transmisora de la estación terrena del SFS interfiere únicamente a través de los lóbulos traseros, mientras que en las realizaciones reales habría en ocasiones una antena de estación terrena apuntando a las cercanías del haz principal del receptor del servicio fijo, aunque durante un tiempo reducido, debido al carácter del sistema del SFS;
- en el presente análisis se supone que está activo únicamente un canal de transmisión del SFS, mientras que en la realidad puede haber múltiples canales del SFS transmitiendo en la banda de paso del receptor del servicio fijo;
- puede haber múltiples estaciones terrenas en algún emplazamiento funcionando en la misma frecuencia simultáneamente con distintos satélites del SFS de la misma red y/o de múltiples redes.

Repitiendo el cálculo de la distancia de separación para ángulos azimutales del receptor del servicio fijo comprendidos entre 0° y 360° , se produce un contorno bidimensional conocido como «zona de separación». Estas zonas de separación representan regiones alrededor de un receptor de servicio fijo en las que puede impedirse el funcionamiento de las estaciones terrenas del SFS, a fin de asegurar un funcionamiento adecuado del receptor del servicio fijo.

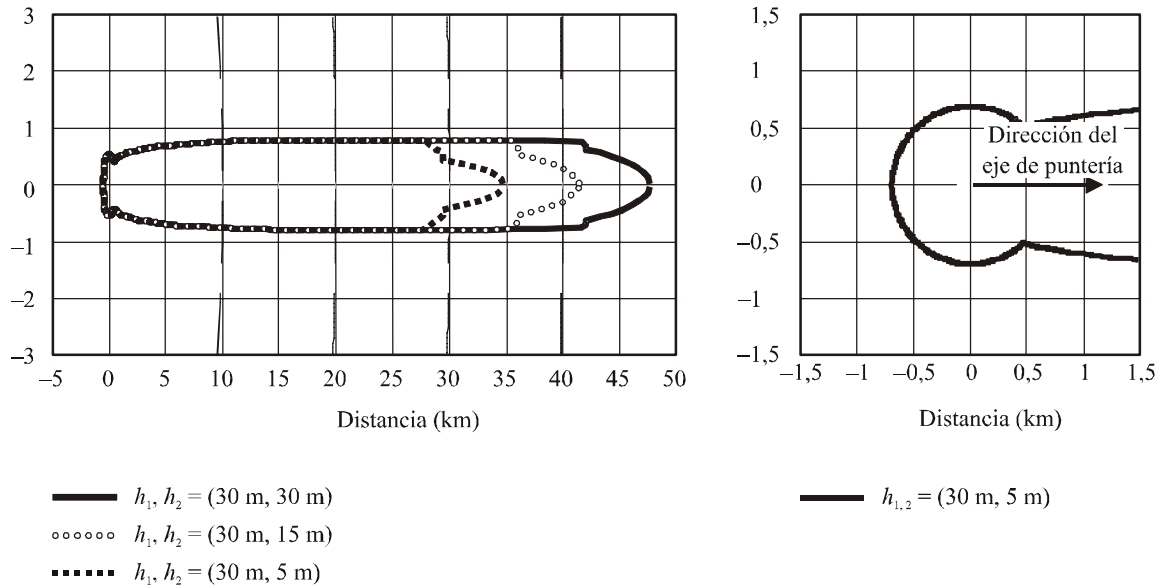
4.1.1 Interferencia potencial del sistema del SFS no OSG

Para una evaluación inicial del potencial de interferencia procedente de las estaciones terrenas del SFS no OSG, se utilizan los niveles de los lóbulos laterales extremos (lóbulos traseros). Con ello se obtiene el nivel mínimo de la interferencia no obstruida en función de la orientación relativa. Aunque los niveles de interferencia pueden aumentar periódicamente, dependiendo del emplazamiento del satélite al que se da servicio, se prevé que la interferencia procedente del lóbulo lateral extremo sea la que se produzca más frecuentemente.

La Fig. 2 presenta un ejemplo de zona de separación de estación terrena del SFS no OSG alrededor de una estación de abonado MDS (SUB A), basándose en las características del enlace ascendente del LEOSAT-1. La distancia máxima de separación requerida (en el haz de recepción principal) oscila entre 35 y 50 km, correspondiendo el valor superior a las alturas de las antenas de estación de abonado y terrena de 30 m y sin considerar el bloqueo del terreno y de los edificios. Esto representa claramente un escenario de caso más desfavorable, pero en las situaciones en las que los edificios y el terreno bloquean a la señal interferente, estas distancias se reducen considerablemente; la separación entre un lóbulo exterior y otro es de 700 m. Esta zona se basa en la potencia de interferencia que se superpone al 19% de la anchura de banda del receptor SUB A (= 3,1 MHz/16,4 MHz). Las distancias de separación calculadas para las cuatro estaciones de abonado diferentes hicieron que el contorno del haz principal estuviera comprendido entre 29 y 47 km, produciéndose el máximo en la estación SUB A (ganancia de recepción más alta). Las distancias de separación de los lóbulos traseros oscilaban entre 0,7 y 2,0 km, produciéndose un máximo para la estación SUB C (anchura de banda más pequeña). El Cuadro 3 ofrece un resumen de las distancias de separación calculadas para el LEOSAT-1 y las diversas estaciones de abonado.

FIGURA 2

Ejemplo de zona de separación LEOSAT-1 alrededor de una estación de abonado (SUB 1)



Condiciones: cielo despejado
 Criterio: $-10 \text{ dB } I/N$
 Potencia de la estación terrena no OSG: $-0,7 \text{ dBW}$
 Ganancia de la estación terrena no OSG: $35,2 \text{ dBi}$

1719-02

CUADRO 3

Distancias de separación terminal de usuario LEOSAT-1/estación de abonado MDS

Sistema MDS	Separación del haz principal ⁽¹⁾ (km)	Separación del lóbulo trasero (km)
SUB A	34,01-46,39	0,71
SUB B	29,21-41,52	0,87
SUB C	31,67-44,00	2,04
SUB D	28,90-41,20	0,78

⁽¹⁾ Gama de separaciones basada en combinaciones de altura de la estación de (30 m, 5 m) y (30 m, 30 m).

Las distancias de separación calculadas para las cinco estaciones centrales diferentes muestran que el contorno varía con el tipo de estación central entre 15 km (HUB 1) hasta una distancia que va entre 35 y 50 km (HUB 5), correspondiendo el valor superior a alturas de antena de estación HUB y estación terrena de 30 m y sin considerar el bloqueo del terreno y de los edificios (ganancia de recepción máxima, anchura de banda similar a la de la señal de interferencia). Este valor superior de distancia de 50 km corresponde al escenario del caso más desfavorable. El Cuadro 4 ofrece un resumen de las distancias de separación calculadas entre el LEOSAT-1 y las diversas estaciones centrales. La Fig. 3 muestra un ejemplo de zona de separación LEOSAT-1 asociada a una estación central (HUB 5). La distancia de separación entre un lóbulo exterior del terminal SFS y el lóbulo principal de la estación central es significativamente mayor que en la mayoría de las células típicas de servicio MDS.

CUADRO 4

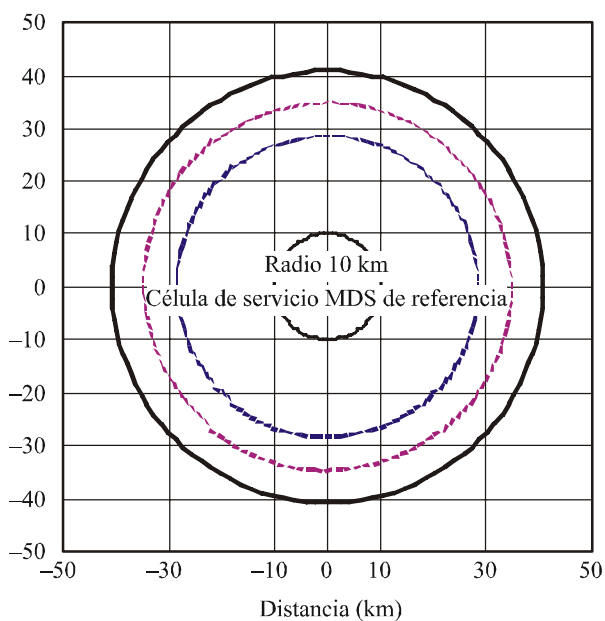
Distancia de separación terminal de usuario LEOSAT-1/estación central MDS

Sistema MDS	Separación del haz principal ⁽¹⁾ (km)
HUB 1	14,68
HUB 2	15,11
HUB 3	19,51
HUB 4	27,60-34,42
HUB 5	28,46-40,76

⁽¹⁾ Gama de separaciones basada en combinaciones de altura de la estación de (30 m, 5 m) y (30 m, 30 m).

FIGURA 3

Ejemplo de zona de separación LEOSAT-1 alrededor de una estación central (HUB 5)

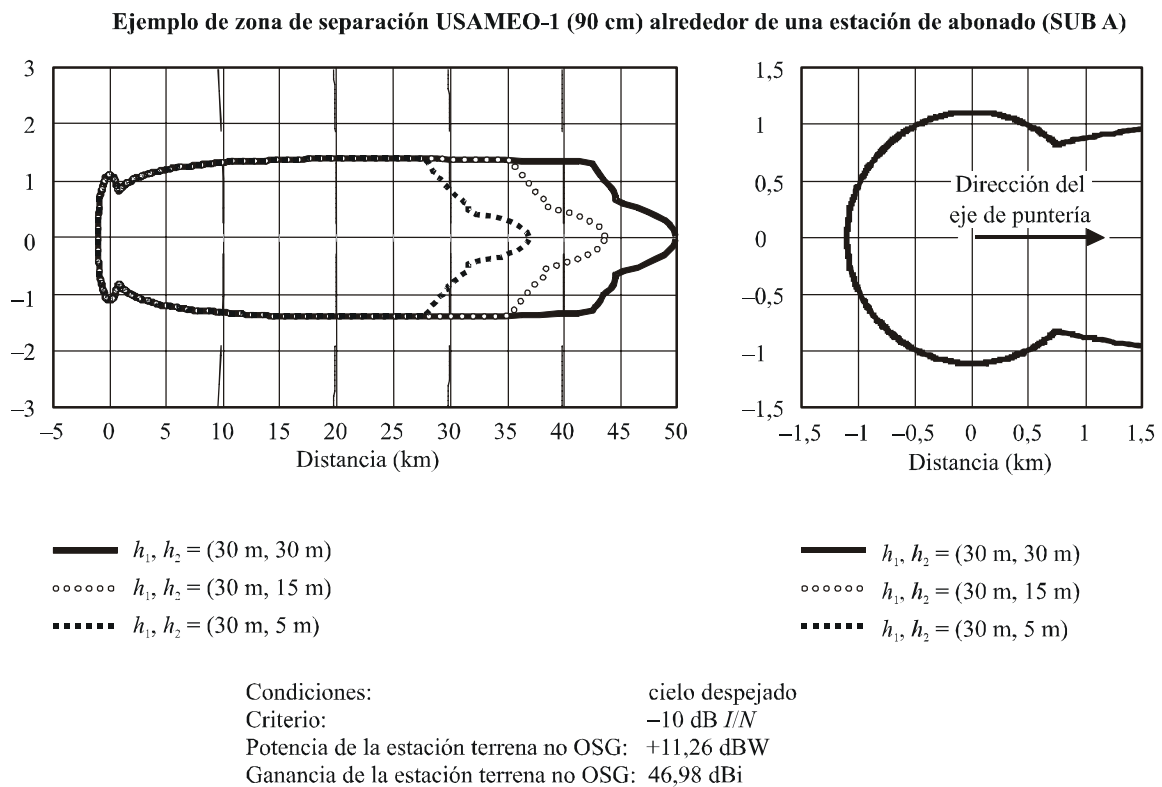


- $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 30 \text{ m})$
- - - $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 15 \text{ m})$
- · - $h_1, h_2 = (30 \text{ m}, 5 \text{ m})$

Condiciones: cielo despejado
 Criterio: $-9,1 \text{ dB // } N$
 Potencia de la estación terrena no OSG: $-0,7 \text{ dBW}$
 Ganancia de la estación terrena no OSG: $35,2 \text{ dBi}$

La Fig. 4 (SUB A) y la Fig. 5 (HUB 5) muestran respectivamente los ejemplos de zona de separación de estación de abonado y de estación central para la estación terrena USAMEO-1 de 90 cm . Las distancias de separación calculadas para las cuatro características de estación de abonado muestran que el contorno del haz principal va desde 31 a 49 km, correspondiendo el valor superior a la distancia del haz principal SUB A (ganancia de recepción máxima) cuando se consideran alturas de antena de estación de abonado y estación terrena de 30 m y sin bloqueo del terreno y los edificios. Una vez más, esto representa claramente un escenario de caso más desfavorable, pero en las situaciones en que los edificios del terreno bloquean la señal interferente, estas distancias se reducen considerablemente. La distancia de separación del lóbulo trasero oscila entre 1,4 y 4,4 km, produciéndose un máximo en la SUB C (anchura de banda mínima). Las distancias calculadas para las cinco características de estación central muestran que el contorno variaba entre 26 y 43 km, produciéndose un máximo en la HUB 5 (ganancia de recepción máxima, anchura de banda similar a la de la señal de interferencia) y alturas de antena de estación central y de estación terrena de 30 m, y sin considerar el bloqueo del terreno y de los edificios. Los Cuadros 5 y 6 representan un resumen de las distancias de separación calculadas entre el USAMEO-1 y las diversas estaciones de abonado y central, respectivamente.

FIGURA 4

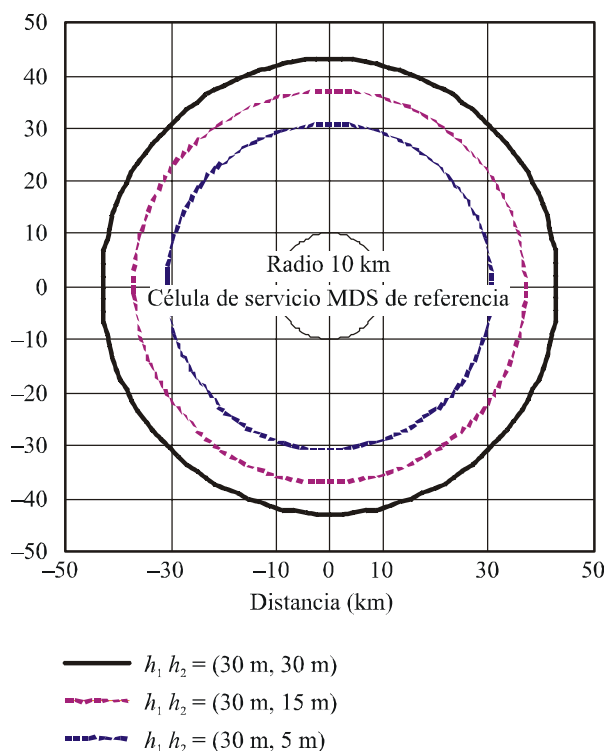


1719-04

No se conoce el número previsto de estaciones terrenas pero, como se muestra, una sola estación terrena es capaz de hacer excluir una zona significativa del servicio MDS, incluso sin tener en cuenta la zona que va más allá de la visibilidad directa.

FIGURA 5

Ejemplo de zona de separación USAMEO-1 (90 cm) alrededor de una estación central (HUB 5)



Condiciones: cielo despejado
 Criterio: $-9,1 \text{ dB } I/N$
 Potencia de la estación terrena no OSG: $+11,26 \text{ dBW}$
 Ganancia de la estación terrena no OSG: $46,98 \text{ dBi}$

1719-05

CUADRO 5

Distancia de separación terminal de usuario USAMEO-1/estación central MDS

Sistema MDS	Separación del haz principal ⁽¹⁾ (km)	Separación del lóbulo trasero (km)
SUB A	36,00-48,40	1,42
SUB B	31,19-43,52	1,73
SUB C	33,92-46,29	4,41
SUB D	30,87-43,21	1,55

⁽¹⁾ Gama de separaciones basada en combinaciones de altura de la estación de (30 m, 5 m) y (30 m, 30 m).

CUADRO 6

Distancia de separación terminal de usuario USAMEO-1/estación central MDS

Sistema MDS	Separación del haz principal⁽¹⁾ (km)
HUB 1	26,05
HUB 2	26,93-28,81
HUB 3	27,78-36,06
HUB 4	29,84-42,16
HUB 5	30,70-43,04

⁽¹⁾ Gama de separaciones basada en combinaciones de altura de la estación de (30 m, 5 m) y (30 m, 30 m).

4.1.2 Observaciones

Debe señalarse que las distancias calculadas no son probablemente típicas de un escenario urbano o semiurbano para los que debe tenerse en cuenta algún efecto de bloqueo en el servicio interior (de célula a célula) y en la compartición entre servicios.

Se reconocía que los resultados presentados en el § 4.1.1 se aplicarán también a las estaciones terrenas del SFS OSG si funcionan con características similares a las del Cuadro 2.

4.2 Análisis estadístico

Los resultados que se presentan a continuación se han realizado utilizando una herramienta que emplea una metodología estadística basada en la técnica de Monte Carlo. Da el efecto acumulado en cada estación de abonado o de base de un sistema P-MP del servicio fijo desde todos los terminales del SFS transmitiendo simultáneamente a una constelación no OSG. En el análisis se supone que cada canal de frecuencia del SFS se utiliza únicamente una vez en cada paso de la simulación.

Se ha considerado una célula P-MP de 3,5 km y, como se supone que los terminales del SFS que pueden potencialmente interferir los receptores del servicio fijo de esta célula están a una distancia bastante pequeña de ella, las zonas geográficas en estudio se han restringido a un cuadrado de 14 × 14 km centrado en una ciudad importante de varios millones de habitantes.

La célula considerada contiene 74 abonados y una estación de base transmisora en cuatro sectores de 90° cada uno, utilizándose en cada sector una anchura de banda de 28 MHz con distintas frecuencias centrales a la de los otros.

4.2.1 Características de los sistemas P-MP del servicio fijo

El Cuadro 7 ofrece los parámetros de la estación de base. Para el análisis se utilizaron los parámetros de la antena de la estación central (véase la Recomendación UIT-R F.1336) y la estación de abonado (véase la Recomendación UIT-R F.1245).

En el Cuadro 8 figuran los parámetros de los terminales de abonado cuya tasa de actividad se supone que es 1.

Las simulaciones se efectuaron utilizando un cálculo de la I/N , con los criterios supuestos siguientes de protección contra la interferencia del servicio fijo (suponiendo un margen de desvanecimiento típico en cielo despejado del orden de 10 dB):

- I/N = no ha de rebasarse el valor de -10 dB, durante más del 20% del tiempo;
- I/N = no ha de rebasarse el valor de 9 dB, durante más del 0,001% del tiempo.

CUADRO 7

Parámetros de una estación de base P-MP del servicio fijo

Velocidad binaria de transmisión (Mbit/s)	33
Anchura de banda de recepción (MHz)	7
Ruido térmico (dBm)	-98
Ganancia de la antena (dBi)	15
Altura de la antena	4 m sobre el tejado

CUADRO 8

Parámetros de la estación de abonado del servicio fijo

Velocidad binaria de transmisión (Mbit/s)	2
Anchura de banda de recepción (MHz)	28
Ruido térmico (dBm)	-91
Ganancia de la antena (dBi)	35
Altura de la antena	1 m sobre el tejado

4.2.2 Características de los terminales de usuario no OSG del SFS

Las características de los terminales de usuario del SFS consideradas son las de un sistema no OSG del SFS que funcione en 28,6-29,1 GHz. No obstante, estas características dependen mucho más del sistema que de la banda de frecuencias exacta en la gama de 28 GHz. Como consecuencia, se consideran válidas las características de los terminales de usuario del SFS del Cuadro 9, para la tecnología utilizada por el sistema en consideración, en toda la banda 27,5-29,5 GHz, aunque pueden no ser válidas para otros sistemas.

CUADRO 9

Parámetros del terminal de usuario no OSG del SFS

Velocidad binaria (Mbit/s)	2
Anchura de banda (MHz)	3,1
Potencia de transmisión (cielo despejado) (dBW)	0,4
Gama del control adaptable de potencia del transmisor (ATPC) ⁽¹⁾ (dB)	10,7
Ganancia de la antena (dBi)	35
Altura de la antena	1 m sobre el tejado

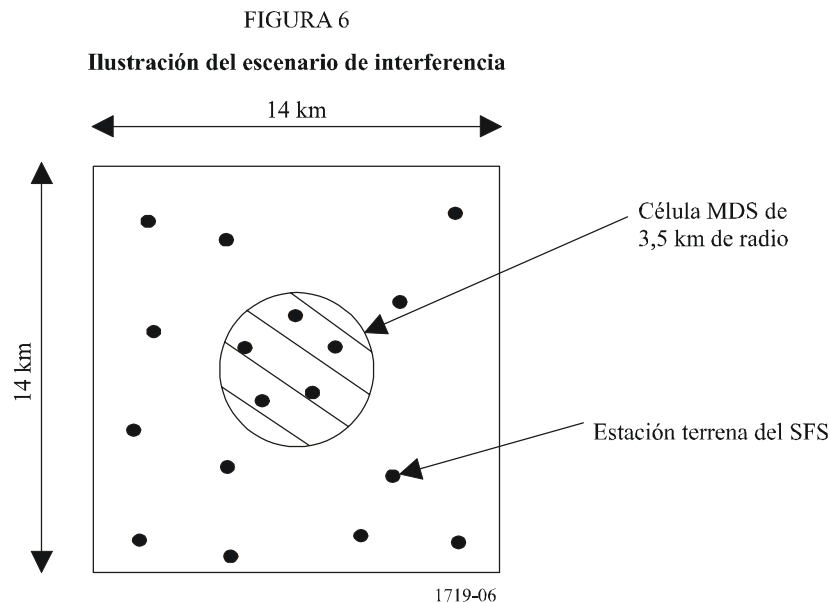
⁽¹⁾ En cada paso de la simulación, se aplica el efecto del ATPC conforme a la distribución de la lluvia definida en la Recomendación UIT-R P.618.

4.2.3 Metodología

En la zona de 14×14 km² considerada se emplazaron unos 1 900 terminales de usuario de forma aleatoria, lográndose una relación de penetración de hasta 20 terminales/km² para la zona constituida que es representativa de una zona urbana densa.

La relación de actividad de estos terminales se eligió de forma aleatoria en cada paso de la simulación entre el 5% y el 10%, lo que supone un máximo, pues en toda la célula LEOSAT-1 (118×118 km) conduce a una ocupación de la anchura de banda total (500 MHz) de alrededor del 90%. Véase que estas relaciones de actividad aumentarían con el número de sistemas no OSG del SFS cofrecuencia que funcionen en la banda, los cuales serán pocos.

La Fig. 6 ilustra el escenario analizado.



En cada paso de la simulación, se eligió aleatoriamente la frecuencia utilizada por cada terminal de usuario activo en la anchura de banda total considerada.

Por último, en cada paso de la simulación se definieron la elevación y el acimut de los terminales de usuario conforme a las características geométricas reales de la constelación y suponiendo que cada terminal de usuario sigue al satélite más próximo. Sobre esta base, se definieron las dos secuencias siguientes que dan para cada caso de simulación unas 4 000 muestras:

- para las simulaciones con abonados: 58 s centrados en un ángulo de elevación de caso más desfavorable (es decir, 40°);
- para las simulaciones con estación de base: 1 000 s.

4.2.4 Resultados de las simulaciones

La Fig. 7 ofrece los resultados de las simulaciones de la interferencia para todas las estaciones de abonados consideradas y muestra que, conforme al criterio supuesto de interferencia de corta duración, la compartición no es posible en la misma zona. Véase que estos resultados presentarían incluso niveles superiores de interferencia si se hubiera tenido en cuenta más de una constelación no OSG, aunque éstas sean pocas.

La Fig. 8 ofrece los resultados de las simulaciones de la interferencia para la estación de base. Muestra que la distribución puede cumplir los criterios supuestos de interferencia de corta duración de una I/N de -9 dB, aunque con un nivel porcentual superior (0,1%). Así pues, la conclusión sobre la viabilidad de la compartición no es tan evidente. La diferencia de los resultados en relación con los terminales de abonado P-MP del servicio fijo es debida a las distintas ganancias máximas de antena (35 dBi para terminales de abonado comparados con los 15 dBi para las estaciones de base). Véase que estos resultados mostrarían niveles superiores de interferencia si se hubiera tenido en cuenta más de una constelación no OSG, aunque éstas sean pocas.

FIGURA 7

Estadísticas de la interferencia de los terminales no OSG del SFS en un terminal P-MP del servicio fijo

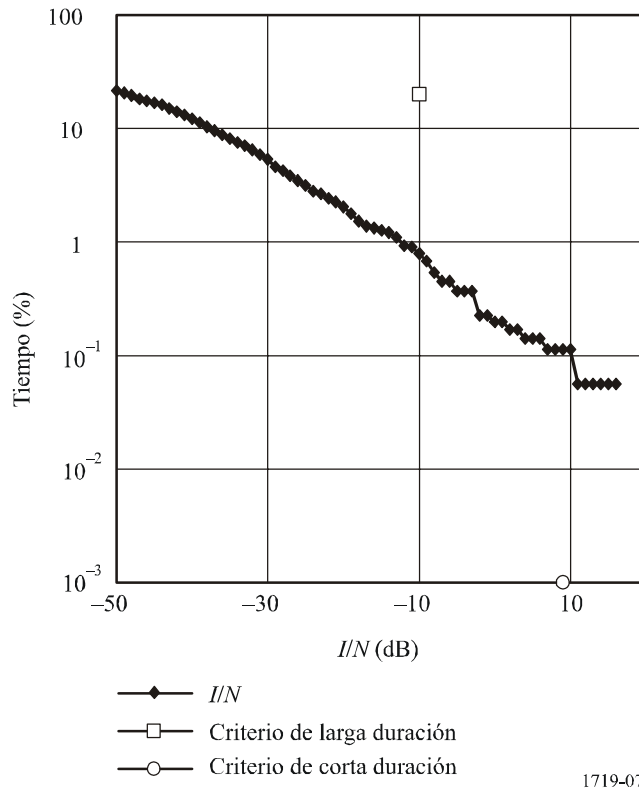
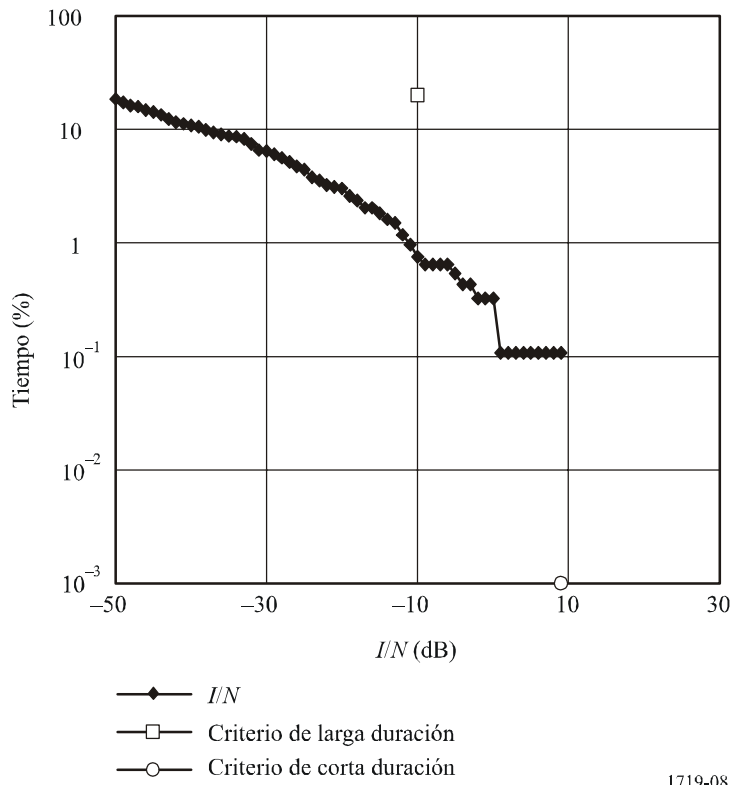


FIGURA 8

Estadísticas de la interferencia de los terminales no OSG del SFS en una estación de base P-MP



5 Análisis para los sistemas del SFS OSG y P-MP del servicio fijo

Tal como se ha mencionado anteriormente, los resultados de las simulaciones son similares tanto si la estación terrena del SFS se comunica con un satélite OSG como con un satélite no OSG. Esto se trató en el § 4.1.2.

5.1 Metodología y características

La metodología (teniendo en cuenta el hecho de que la puntería de las antenas del sistema del SFS OSG es fija) y el sistema P-MP del servicio fijo considerados para el estudio estadístico del escenario de interferencia entre los terminales de usuario OSG del SFS y los sistemas P-MP del servicio fijo son los mismos que los del § 4.2.

Las características del sistema OSG del SFS figuran en el Cuadro 10.

CUADRO 10

Características del sistema OSG del SFS

Posición del satélite	2° E
Elevación de las estaciones terrenas terminales (grados)	Unos 33
Anchura de banda del canal de transmisión (MHz)	5
Potencia nominal de la estación terrena terminal (dBW)	10
Ganancia de la antena de la estación terrena terminal (dBi)	49,1
Altura de la antena	1 m sobre el tejado

5.2 Resultados del cálculo de la interferencia de los terminales de usuario OSG del SFS hacia el servicio fijo

Tal como se muestra en la Fig. 9 no se cumple el criterio supuesto de interferencia de corta duración para el escenario considerado, cuando el terminal de abonado OSG del SFS interfiere en la estación de base P-MP del servicio fijo.

Tal como se muestra en la Fig. 10, no se cumple el criterio de interferencia de corta duración para el escenario considerado cuando el terminal de abonado OSG del SFS interfiere en el terminal de abonado P-MP del servicio fijo.

FIGURA 9

Estadísticas de la interferencia de los terminales OSG del SFS en una estación de base P-MP del servicio fijo

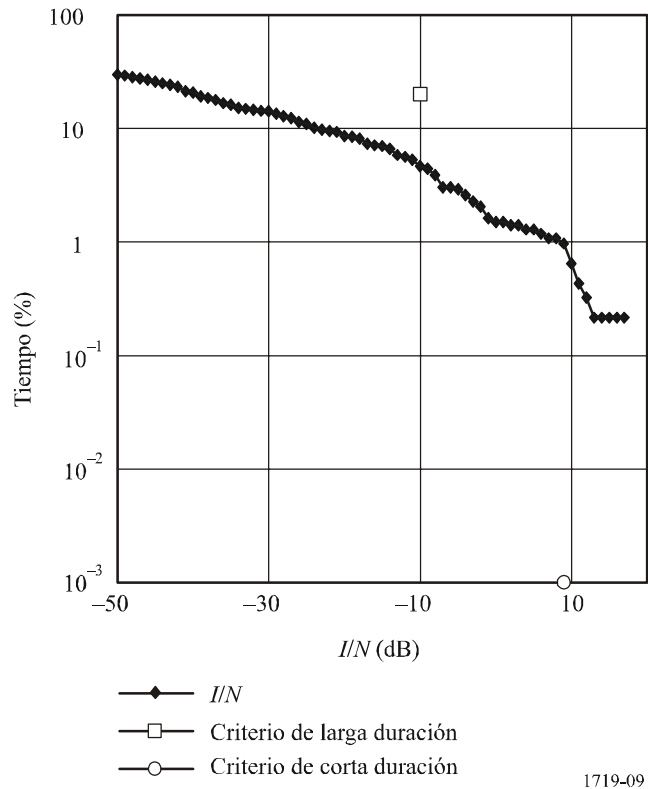
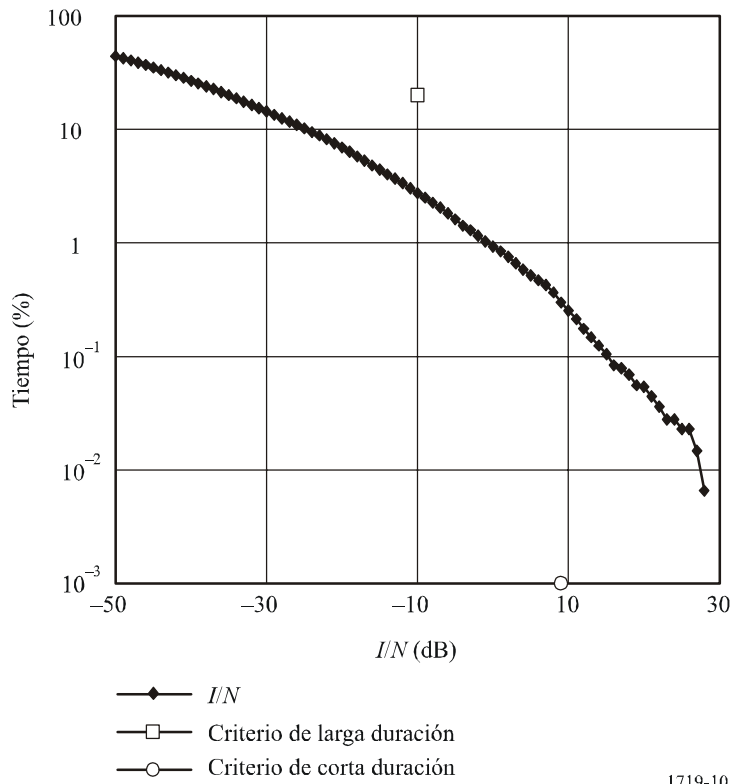


FIGURA 10

Estadísticas de la interferencia de los terminales OSG del SFS en un terminal de abonado P-MP del servicio fijo



6 Consideración de los sistemas P-P del servicio fijo

Aunque haya información sobre el despliegue de sistemas P-MP del servicio fijo en la banda de 28 GHz, los datos actualmente disponibles en relación con sistemas P-P del servicio fijo en esta banda son aún bastante limitados. No obstante, la información recibida sobre sistemas P-MP del servicio fijo en esta gama y en la zona de París indican que los ángulos de elevación de antena de los sistemas P-P del servicio fijo son muy próximos a los de los sistemas P-MP del servicio fijo. A continuación se indican las características típicas de los enlaces P-P del servicio fijo en 26 GHz:

La comparación de las características del sistema P-MP del servicio fijo muestra que cabe esperar un riesgo mayor de interferencia en el sistema P-P del servicio fijo que en los sistemas P-MP.

CUADRO 11

Parámetros de las estaciones P-P del servicio fijo

Anchura de banda (MHz)	28
Ruido térmico de receptor (dBm)	-95
Ganancia de la antena (dBi)	42 a 48

7 Conclusión

Se requieren distancias de separación grandes entre estaciones terrenas del SFS no obstruidas y estaciones centrales MDS en relación con el tamaño de la célula de servicio MDS. En efecto, una estación terrena del SFS situada en una célula de servicio MDS y a la vista de la antena de la estación central puede rebasar fácilmente el margen de la interferencia de larga duración del 10% del receptor MDS a partir de los lóbulos laterales exteriores únicamente. Las estaciones terrenas del SFS pueden también interferir en las estaciones de abonado MDS desde múltiples células de servicio si no se introduce una discriminación suficiente a partir de la antena de abonado de alta ganancia.

En el análisis determinista que supone únicamente una estación terrena del SFS no OSG transmitiendo por un solo canal y basándose en un cálculo de las pérdidas del espacio libre (más la atenuación debida a los gases y las pérdidas de difracción) se llegó a la conclusión de que la compartición no es posible. Se reconocía que se aplicarían resultados similares a las estaciones terrenas del SFS OSG. Además, puede haber otras estaciones terrenas del SFS que transmitan simultáneamente en uno o más canales dentro de la banda de paso del receptor del servicio fijo de un receptor MDS determinado (de abonado o central). Si cualquiera de estas transmisiones de estación terrena del SFS cae dentro de la anchura de banda del receptor MDS, las zonas de separación resultantes pueden ser mayores que las que figuran en el § 4.1. El análisis estadístico confirmó que la compartición no es posible, debido especialmente a no poder cumplirse el criterio de interferencia de corta duración. De forma más precisa, estos resultados muestran que la compartición de la misma frecuencia entre las estaciones de abonado del servicio fijo y las estaciones terrenas del SFS en la banda de 28 GHz no es posible en la misma zona geográfica. Aun cuando se vio que no era posible la compartición de la misma frecuencia entre las estaciones de base del servicio fijo y las estaciones terrenas del SFS en la banda de 28 GHz, la situación de compartición depende de las redes del servicio fijo consideradas y pudiera ser posible en algunos casos.

Los sistemas MDS que funcionan con ATPC pueden tener un margen de desvanecimiento en cielo despejado significativamente inferior, lo que hace que estos sistemas sean más susceptibles a la interferencia de corta duración. Únicamente en el análisis estadístico se tuvo en cuenta el efecto de la lluvia y del bloqueo del terreno y de las estructuras artificiales, lo que puede explicar que los resultados sean menos estrictos que los que se obtuvieron mediante el análisis determinista.

Ni el análisis determinista ni el estadístico tuvieron en cuenta el escenario de múltiples terminales de usuario del SFS transmitiendo simultáneamente en la misma frecuencia a distintos satélites. Cuando se produce tal escenario, sólo se empeoraría la situación de interferencia, aunque el número de sistemas del SFS que den cobertura a una zona determinada sea escaso.

Estos resultados de los estudios determinista y estadístico apoyan la conclusión de que no será posible explotar aplicaciones de gran densidad del servicio fijo tales como las de terminales central y de abonado (MDS) en los mismos tramos de la banda de 28 GHz, si se despliegan de forma ubicua estaciones terrenas del SFS no OSG o del SFS OSG. Como la intención de los operadores del SFS es desplegar terminales de usuario del SFSHD en la gama de 28 GHz, deben tenerse en cuenta las conclusiones anteriores al examinar las disposiciones reglamentarias adecuadas que facilitan la introducción de dichos terminales del SFS en esta banda.

Apéndice 1 al Anexo 1

La geometría de la zona de separación asociada al funcionamiento en la misma frecuencia servicio fijo/SFS puede calcularse utilizando las ecuaciones del enlace normalizado. El contorno se basa en un margen de interferencia combinada de larga duración del 10% del ruido del sistema receptor. La potencia de interferencia (dBW) se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$I = (P_{Tx})_{FSS} - (L_F)_{FSS} + (G_{Tx}(\varphi))_{FSS} - L(d) + (G_{Rx}(\varphi))_{FS} - BW_{cor}$$

siendo:

- $(P_{Tx})_{FSS}$: potencia del transmisor del SFS (dBW)
- $(L_F)_{FSS}$: pérdidas del transmisor del SFS (dB)
- $(G_{Tx}(\varphi))_{FSS}$: ganancia del SFS en la dirección del terminal del servicio fijo (Recomendación UIT-R S.465) (dBi)
- φ : ángulo entre el eje de puntería de transmisión del SFS y el receptor del servicio fijo (grados)
- $L(d)$: pérdidas de señal asociadas a la distancia del trayecto, $L_{FSL} + L_{atm} + L_{diff}$ (dB)
- L_{FSL} : pérdidas en el espacio libre, $\approx 92,44 + 20 \log(d \times f)$ (dB)
- d : separación de terminales del servicio fijo y del SFS (km)
- f : frecuencia (GHz)
- L_{atm} : pérdidas atmosféricas, $\gamma_a \times d$ (Recomendación UIT-R P.676) (dB)
- γ_a : atenuación específica ($\approx 0,095$ dB/km para $7,2 \text{ g/m}^3$, 20° C , $28,85 \text{ GHz}$) (dB/km)
- L_{diff} : pérdidas de difracción en una Tierra esférica (Recomendación UIT-R P.526) (dB)
- $(G_{Rx}(\varphi))_{FS}$: ganancia del servicio fijo en la dirección del transmisor del SFS (Recomendación UIT-R F.699) (dBi)

ϕ : ángulo entre el eje de puntería del receptor del servicio fijo y el transmisor del SFS (grados)

BW_{cor} : corrección de la anchura de banda superpuesta, mayor de 0,0 ó

$$10 \log \frac{(BW_{rx})_{EES}}{(BW_{RX})_{FS}} \quad (\text{dB})$$

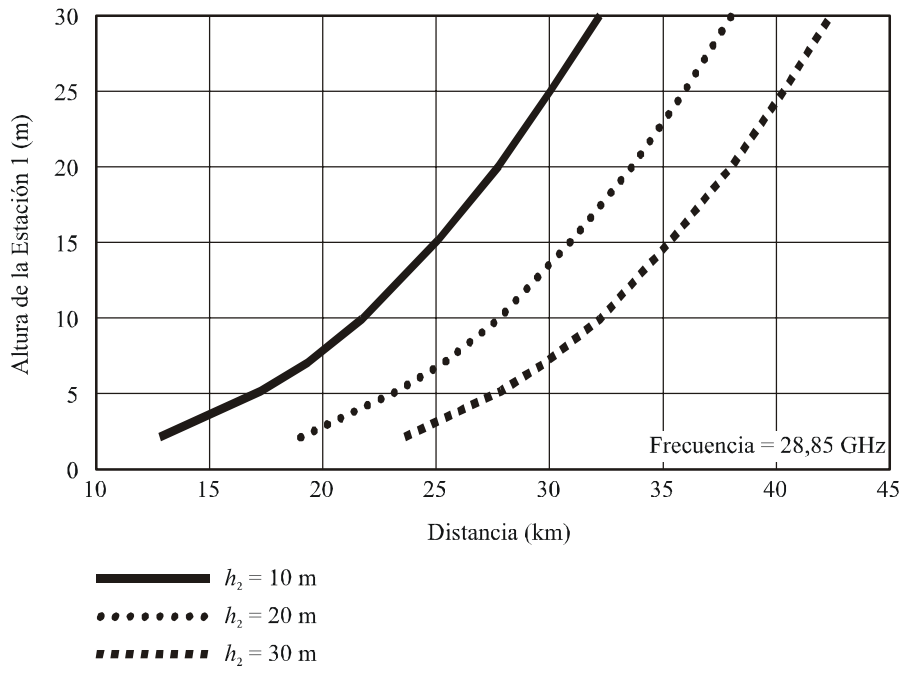
La Recomendación UIT-R F.699 especifica el diagrama de radiación de referencia para las antenas del servicio fijo que funcionan en la gama comprendida entre aproximadamente 1 y 70 GHz. Para la mayoría de las antenas típicas del servicio fijo, la relación D/λ es inferior a 100, aunque hay algunas estaciones del servicio fijo que emplean antenas más grandes, lo que obliga a utilizar la especificación más estricta en cuanto a lóbulos laterales. Para estaciones centrales que utilicen antenas sectoriales u omnidireccionales, la Recomendación UIT-R F.699 puede ser inadecuada. Por tanto, en este estudio se ha establecido un modelo de la antena de recepción de estación central como si fueran cuatro antenas sectoriales de 90° con una ganancia constante en función del acimut. (NOTA – La Recomendación UIT-R F.1336 describe los diagramas de antena P-MP para la gama de frecuencias 1-3 GHz). El diagrama de radiación de referencia de la Recomendación UIT-R S.465 se aplica a las estaciones terrenas que funcionan en el SFS. Las ecuaciones son idénticas a las que se presentan en la Recomendación UIT-R F.699.

El terminal genérico MDS del servicio fijo tiene un ruido del receptor de $-121,8$ dBW (suponiendo una anchura de banda del receptor de 16,4 MHz y un factor de ruido del receptor de 10 dB). Suponiendo un margen de interferencia del 10%, la interferencia del transmisor del SFS no debe rebasar $-131,8$ dBW en el receptor del servicio fijo.

Se utilizó el modelo de las pérdidas de difracción para tener mejor en cuenta las pérdidas del trayecto transhorizonte. El modelo depende considerablemente de la frecuencia, la longitud del trayecto, el radio equivalente de la Tierra (se utilizó 9 348 km) y las alturas de las antenas de la estación. El modelo es válido únicamente para trayectos más allá del horizonte. La Fig. 11 muestra las distancias en las que el modelo ofrece resultados útiles para las diversas combinaciones de alturas de antena (interferente y deseada).

FIGURA 11

**Distancias del trayecto para pérdidas nulas de difracción de la Tierra esférica
(Recomendación UIT-R P.526)**



Mínima distancia válida
Modelo de la Tierra esférica de la Recomendación UIT-R P.526