

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1326

VIABILIDAD DE LA COMPARTICIÓN ENTRE EL SERVICIO ENTRE SATÉLITES Y EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE EN LA BANDA DE FRECUENCIAS 50,4-51,4 GHz

(Cuestión UIT-R 246/4)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Resolución 643 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) (CMR-95) encarga al UIT-R que efectúe los estudios necesarios para identificar las bandas más idóneas para el servicio entre satélites (SES) en la gama de frecuencias de 50 a 70 GHz para que la CMR-97 pueda proceder a las atribuciones apropiadas a dicho servicio;
- b) que la banda de frecuencias 50,4-51,4 GHz está actualmente atribuida a título primario al servicio fijo por satélite (SFS) (Tierra-espacio), al servicio fijo y al servicio móvil;
- c) que toda posible nueva atribución al SES en esta banda necesitaría tener en cuenta la viabilidad de la compartición cofrecuencia con el SFS;
- d) que se han llevado a cabo estudios sobre la viabilidad de la compartición entre redes de satélites fijos geoestacionarios (OSG) que operan en el sentido Tierra-espacio y enlaces entre satélites (EES) de redes de satélites OSG y no OSG, que se detallan en el Anexo 1,

recomienda

1 que la compartición se hace viable en la banda 50,4-51,4 GHz entre el SFS OSG (Tierra-espacio) y el SES empleando enlaces entre satélites OSG, si se aplican algunas técnicas de reducción de interferencia detalladas en el Anexo 1.

NOTA 1 – Que probablemente resultará difícil la compartición entre dichos enlaces Tierra-espacio del SFS y EES de redes de satélites no OSG.

NOTA 2 – Que se necesita más estudio sobre la viabilidad de la compartición entre redes de enlaces de conexión del SFS o del servicio móvil por satélite (SMS) no OSG y el SES, pero que probablemente resultará también difícil.

ANEXO 1

En este Anexo se analiza el potencial de interferencia entre redes del SFS OSG y enlaces del SES OSG, y entre redes del SFS OSG y redes del SES no OSG. Las categorías se subdividen como sigue:

Caso 1 – Transmisores de satélite (Tx) del SES OSG que causan interferencia a receptores de satélite (Rx) del SFS OSG.

Caso 2 – Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a satélites Rx del SES OSG.

Caso 3 – Satélites Tx del SES no OSG que causan interferencia a satélites Rx del SFS OSG.

Caso 4 – Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a satélites Rx del SES no OSG.

Se calculó para cada caso la máxima densidad espectral de potencia (DEP) de interferencia admisible. Este valor se basaba ya sea en un aumento porcentual de la temperatura de ruido equivalente del sistema o a partir del nivel recibido de la portadora de ruido y de un valor de la relación portadora /ruido deseada al cual se añade un margen de interferencia requerido. La máxima DEP probablemente recibida se estimaba entonces aplicando consideraciones geométricas, lo cual permitía hacer una estimación del margen mínimo de potencia de interferencia recibida con respecto a la potencia de interferencia admisible.

En el momento de redactar esta Recomendación no había sistemas SFS notificados a la Oficina de Radiocomunicaciones en la banda de 50 GHz. A fin de investigar la posibilidad de compartición entre el SFS y el SES, resultó necesario extrapolar en frecuencia los parámetros de los sistemas del SFS notificados en otras bandas. Se disponía de parámetros de sistemas del SFS a 30 GHz, y es posible extrapolar los parámetros SFS de 30 a 50 GHz estableciendo las hipótesis necesarias relativas a la mayor atenuación atmosférica en la banda de 50 GHz. Sin embargo, para reducir al mínimo las hipótesis utilizadas al extrapolar parámetros, se consideró más fácil extrapolar descendentemente los parámetros de enlaces del SES de 60 a 30 GHz, ya que funcionan en gran medida libres de efectos de atenuación atmosférica. Al extrapolar descendentemente los parámetros del SES, se observa que el SFS utilizará p.i.r.e. más altas a 50 GHz para superar el efecto de la mayor atenuación atmosférica, y se supone que las estaciones terrenas del SFS utilizarán control de potencia a 50 GHz para evitar una interferencia excesiva al SES en condiciones de «aire despejado».

Los parámetros utilizados en el estudio se indican en los Cuadros 1 y 2.

1 Resultados del análisis

El análisis considera cuatro casos geométricos de posible interferencia. En cada uno de los casos, se estimó el margen mínimo de interferencia probable con respecto a la interferencia admisible.

Caso 1 – Transmisores de satélite (Tx) del SES OSG que causan interferencia a receptores de satélite (Rx) del SFS OSG

El Caso 1 considera tres situaciones de interferencia causada por EES OSG a satélites del SFS OSG. Estas situaciones se describen a continuación. En la Fig. 1 se incluye la representación geométrica del caso.

En las situaciones consideradas del Caso 1, el margen resultó positivo, lo que indica que la interferencia causada a satélites del SFS por el SES OSG sería aceptable.

Los parámetros utilizados en el análisis del Caso 1 son los de la red 1 del SFS del Cuadro 1 y los de la red del SES OSG del Cuadro 2. El método suponía que el satélite del SFS recibía una portadora «deseada» de una estación terrena que funcionaba con un ángulo de elevación mínimo de 10°, y se registraba interferencia causada al receptor del SFS producida por un enlace entre satélites OSG. Además, se supuso que el ángulo geocéntrico entre un satélite del SFS y un satélite del SES era 0,1°.

Para interferencia causada a la red 1 del SFS OSG, la mínima DEP de portadora recibida se calculó en -183,98 dB(W/Hz) suponiendo una estación terrena que funcionaba con un satélite OSG con el mínimo ángulo de elevación de 10°. La relación portadora/ruido requerida para la red del SFS es 5,8 dB, con un margen de propagación de 2,5 dB. Suponiendo aplicable un límite de interferencia de una sola fuente del 6% del ruido térmico, se calcula por tanto que la máxima DEP de interferencia admisible es 20,52 dB menor que la mínima DEP de portadora recibida, lo que hace la máxima DEP de interferencia admisible para la red del SFS OSG igual a -204,5 dB(W/Hz).

Situación 1a: Distancia «mínima» de un satélite Rx del SFS próximo a un satélite Tx del SES OSG

En la situación 1a, el ángulo geocéntrico entre el satélite Rx del SFS OSG y el satélite Tx del EES OSG se supone que es 0,1°, suponiendo que la separación entre los satélites del SES OSG es 1°. Esta situación representa una distancia mínima de interferencia entre el satélite del SES y el satélite del SFS. La interferencia causada por la antena del SES se produce a través de su lóbulo principal, y la interferencia es recibida por la antena de satélite SFS a través de su lóbulo posterior.

Se calculó que la máxima DEP interferente recibida era -211,03 dB(W/Hz), lo que dio un margen para la situación 1a de 6,53 dB.

Situación 1b: Distancia «mínima» de un satélite Rx del SFS próximo a un satélite Rx del SES OSG

En la situación 1b, el ángulo geocéntrico entre el satélite Rx del SFS OSG y el satélite Tx del EES OSG se supone que es 0,9°, suponiendo que la separación entre los satélites del SES OSG es 1°. Esta situación es similar a la situación 1a, pero representa un ángulo de discriminación de desplazamiento reducido en la antena de satélite del SFS. Se determinó un margen para la situación 1b de 5,94 dB.

Situación 1c: Distancia «máxima» de un satélite Rx del SFS próximo a un satélite Rx del SES OSG

El ángulo geocéntrico entre el satélite Rx del SFS OSG y el satélite Tx del EES OSG se supone que es 159,9°, suponiendo que la separación entre los satélites del SES OSG es 160°. El caso representa una distancia máxima de interferencia entre el satélite del SES y el satélite del SFS. La interferencia procede del lóbulo principal de la antena del EES y es recibida por la antena del SFS a través de su lóbulo principal. Se determinó un margen para la situación 1c de 10,21 dB.

Caso 2 – Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a satélites Rx del SES OSG

El Caso 2 considera dos situaciones de interferencia causada por enlaces del SFS OSG a satélites del EES OSG. Estas situaciones se describen a continuación y en la Fig. 2 se incluye la representación geométrica del caso.

En las situaciones consideradas del Caso 2, el margen resultó positivo en todos los casos, salvo en el caso extremo de interferencia causada a EES muy largos, lo que indica que la interferencia causada al EES OSG por el SFS sería aceptable.

Los parámetros utilizados en el análisis del Caso 2 son los de la red 2 del SFS del Cuadro 1 y los de la red del SES OSG del Cuadro 2. En las dos situaciones del Caso 2, se supone que el ángulo geocéntrico entre los satélites del SES OSG es 160° .

La máxima DEP de interferencia admisible se calculó utilizando la formula:

$$k T B$$

siendo:

k : constante de Boltzmann $-228,6$ dB(J/K)

T : temperatura de ruido del sistema que se supone igual al 6% del ruido del sistema notificado de 630 K

B : anchura de banda de referencia de 1 Hz.

Se calculó que la máxima DEP de interferencia admisible era $-212,83$ dB(W/Hz).

Situación 2a: Estación terrena Tx del SFS que funciona con un ángulo de elevación de 90° hacia un satélite del SFS próximo a un satélite Rx del SES OSG (representa la distancia mínima)

En esta situación se supuso que la estación terrena del SFS estaba en el ecuador y funcionaba con un ángulo de elevación de 90° hacia un satélite del SFS. Se supuso un ángulo geocéntrico entre el satélite del SFS OSG y el satélite Rx del SES OSG de $0,1^\circ$. Esta situación representa la mínima distancia de separación entre la estación terrena y el EES.

Se calculó que la máxima DEP interferente recibida era $-221,83$ dB(W/Hz), lo que dio un margen para la situación 2a de 9,0 dB.

Situación 2b: Estación terrena Tx del SFS que funciona con un ángulo de elevación de 10° hacia un satélite del SFS próximo a un satélite Rx del SES OSG (representa la distancia máxima)

La estación terrena se supone que funciona con un ángulo de elevación de 10° hacia el satélite SFS suponiendo un ángulo geocéntrico entre el satélite del SFS OSG y el satélite Rx del SES OSG de $0,1^\circ$. Esta configuración representa la mínima discriminación de antena de una estación terrena del SFS cuando causa interferencia, con la mínima discriminación de la antena del EES OSG cuando recibe interferencia.

Se determinó un margen negativo para la situación 2b de $-13,82$ dB. Para hacer el margen positivo, se calculó que el máximo ángulo geocéntrico entre los enlaces del EES no debe ser superior a 152° , o que el ángulo geocéntrico entre el satélite del SFS OSG y el enlace Rx del SES OSG debe ser como mínimo $0,2^\circ$.

Caso 3 – Satélites Tx del SES no OSG que causan interferencia a satélites Rx del SFS OSG

El Caso 3 considera dos situaciones de interferencia causada por satélites Tx del SES no OSG a satélites Rx del SFS OSG. Estas situaciones se describen a continuación y en la Fig. 3 se incluye la representación geométrica del caso. Los parámetros utilizados en el análisis son los de la red 1 del SFS del Cuadro 1 y los de la red del SES no OSG del Cuadro 2.

Para obtener un ángulo de desplazamiento mínimo en el EES no OSG cuando causa interferencia a un satélite Rx del SFS OSG, el caso supone que el EES se halla entre dos satélites no OSG adyacentes que comunican entre sí en el mismo plano orbital. Se ha calculado previamente que la máxima DEP de interferencia admisible causada a satélites del SFS OSG para la red 1 del SFS OSG (en el Caso 1) es de $-204,5$ dB(W/Hz).

En las situaciones consideradas del Caso 3, el margen resultó positivo, lo que indica que la interferencia causada a satélites del SFS OSG por el SES no OSG sería aceptable.

Situación 3a: Satélite Tx del SES no OSG que causa interferencia a un satélite Rx del SFS OSG a una distancia de separación mínima. La interferencia se produce del lóbulo posterior de la antena del satélite Tx del SES al lóbulo principal de la antena del satélite Rx del SFS

Esta situación considera una estación terrena que funciona con un ángulo de elevación de 90° hacia un satélite del SFS, con el satélite del SES no OSG situado exactamente sobre la estación terrena. La situación representa la mínima distancia de interferencia entre las redes. Se determinó un margen para la situación 3a de 53,29 dB.

Situación 3b: Interferencia causada por el lóbulo principal de la antena del satélite Tx del SES no OSG a un satélite Rx del SFS OSG

Esta situación considera la interferencia causada por un enlace del EES no OSG a través de su lóbulo principal a un satélite del SFS OSG que funciona con un ángulo de elevación de 10° hacia una estación terrena. La interferencia causada al satélite del SFS se recibe a través de la región del «primer» lóbulo lateral de la antena. La situación representa una potencia de interferencia máxima recibida en el satélite del SFS. Se determinó un margen para la situación 3b de 19,89 dB.

Caso 4 – Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a satélites Rx del SES no OSG

El Caso 4 considera dos situaciones de interferencia causada por un transmisor de estación terrena del SFS OSG a un EES no OSG. Estas situaciones se describen a continuación y en la Fig. 4 se incluye la configuración geométrica del caso. Los parámetros utilizados en el análisis son los de la red 2 del SFS del Cuadro 1 y los de la red del SES no OSG del Cuadro 2. En el análisis, para obtener el ángulo de desplazamiento mínimo en el EES no OSG cuando recibe interferencia de una estación terrena del SFS, el EES se toma de un satélite no OSG que comunica con otro satélite separado de aquél dos planos orbitales.

La máxima DEP de interferencia admisible se calculó utilizando la fórmula:

$$k T B$$

siendo:

k : constante de Boltzmann $-228,6$ dB(J/K)

T : temperatura de ruido del sistema que se supone igual al 6% de la temperatura de ruido notificada de 438 K

B : anchura de banda de referencia que se supone de 1 Hz.

Se calculó que la máxima DEP de interferencia admisible era $-214,40$ dB(W/Hz).

En las situaciones del Caso 4, el margen resultó variar de $-19,80$ dB para una estación terrena del SFS que funcionaba con un ángulo de elevación de 90° a $-25,70$ dB para una estación terrena del SFS que funcionaba con un ángulo de elevación de 10°. Estos valores se obtuvieron a partir de una potencia de interferencia admisible máxima sobre la base de un aumento admisible de la temperatura del sistema del 6%. Si la interferencia pudiera considerarse que se produce a corto plazo, permitiría obtener la máxima potencia de interferencia a partir de un aumento de la temperatura de ruido del sistema de hasta 1 480%, lo cual aumentará los márgenes en 23,92 dB. Sin embargo, en la situación 4b se seguirá teniendo un margen ligeramente negativo de $-1,78$ dB, llegándose a la conclusión de que las estaciones terrenas del SFS podrían causar interferencia inaceptable al EES no OSG.

Situación 4a: Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a EES no OSG a una distancia de separación mínima. La interferencia se produce del lóbulo principal de la antena de la estación terrena del SFS al lóbulo posterior de la antena del satélite RX del SES

La situación considera una estación terrena del SFS que funciona con un ángulo de elevación de 90° hacia un satélite OSG. La interferencia es causada a través del lóbulo principal de una antena de estación terrena del SFS al lóbulo posterior de una antena del satélite Rx del SES. Se determinó para la situación 4a un margen negativo de $-19,80$ dB (para una relación de protección basada en el 6% de la temperatura de ruido del sistema). Si la interferencia puede considerarse de corta duración, podría resultar apropiado basar la relación de protección hasta en el 1 480% del ruido, aumentando así la máxima interferencia admisible en 23,92 dB, haciendo el margen para la situación 4a igual a 4,12 dB.

Situación 4b: Estaciones terrenas Tx del SFS OSG que causan interferencia a EES no OSG a un ángulo de elevación mínimo. La interferencia se produce del lóbulo principal de la antena de la estación terrena del SFS a un lóbulo lateral de la antena del satélite Rx del SES

La situación considera una estación terrena Tx que funciona con un ángulo de elevación de 10° hacia un satélite del SFS. La interferencia es causada a través del lóbulo principal de la antena de estación terrena del SFS al lóbulo lateral de una antena del satélite Rx del SES. Se determinó para la situación 4b un margen de $-25,70$ dB (para una relación de protección basada en el 6% de la temperatura de ruido del sistema). Si la interferencia se considera de corta duración, puede resultar apropiado basar la relación de protección hasta en el 1 480% de la temperatura del ruido, aumentando así el margen en 23,92 dB. Sin embargo, para la situación 4b se seguirá teniendo un margen ligeramente negativo a $-1,78$ dB (para una relación de protección basada en el 1 480% de la temperatura de ruido del sistema).

FIGURA 1
Situación de interferencia del Caso 1
Interferencia causada por un satélite Tx del SES OSG a un satélite Rx del SFS OSG

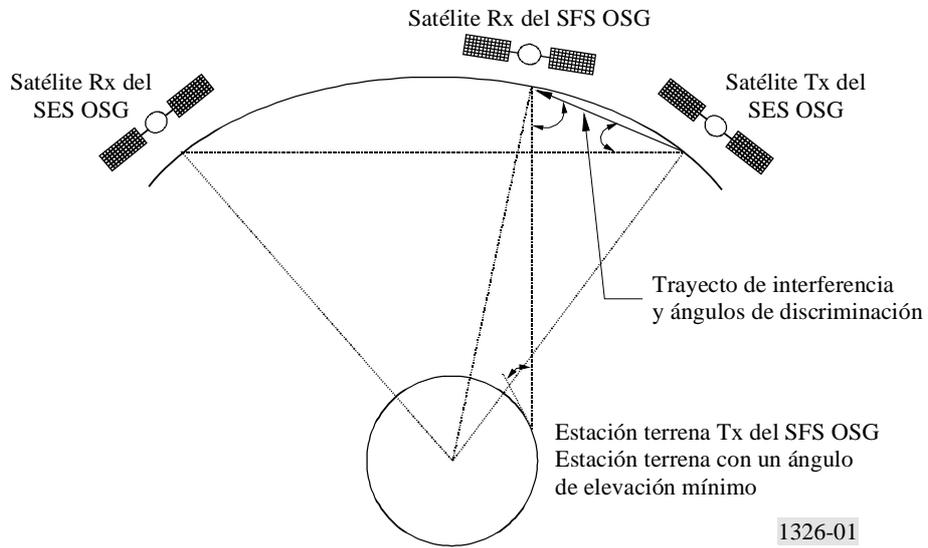


FIGURA 2
Situación de interferencia del Caso 2
Interferencia causada por una estación terrena Tx del SFS OSG a un satélite Rx del SES OSG

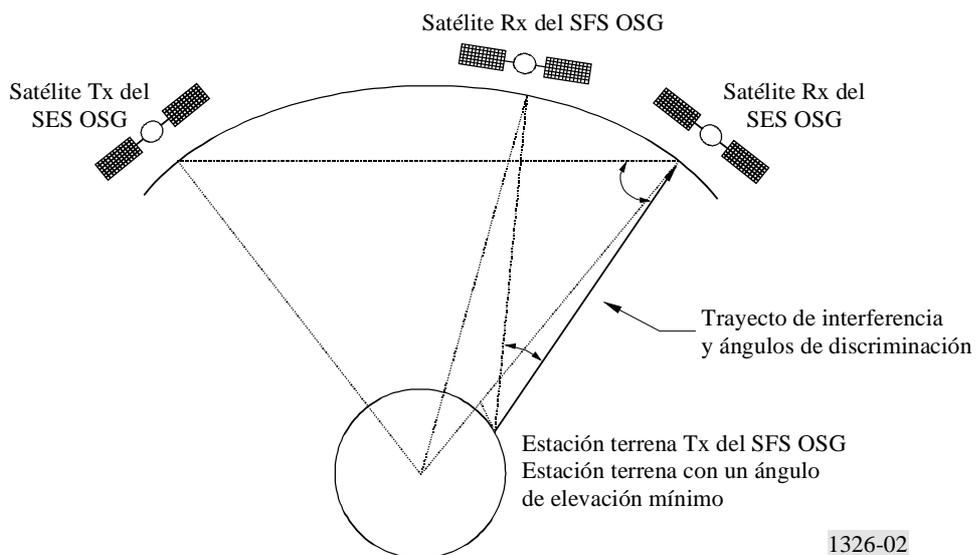
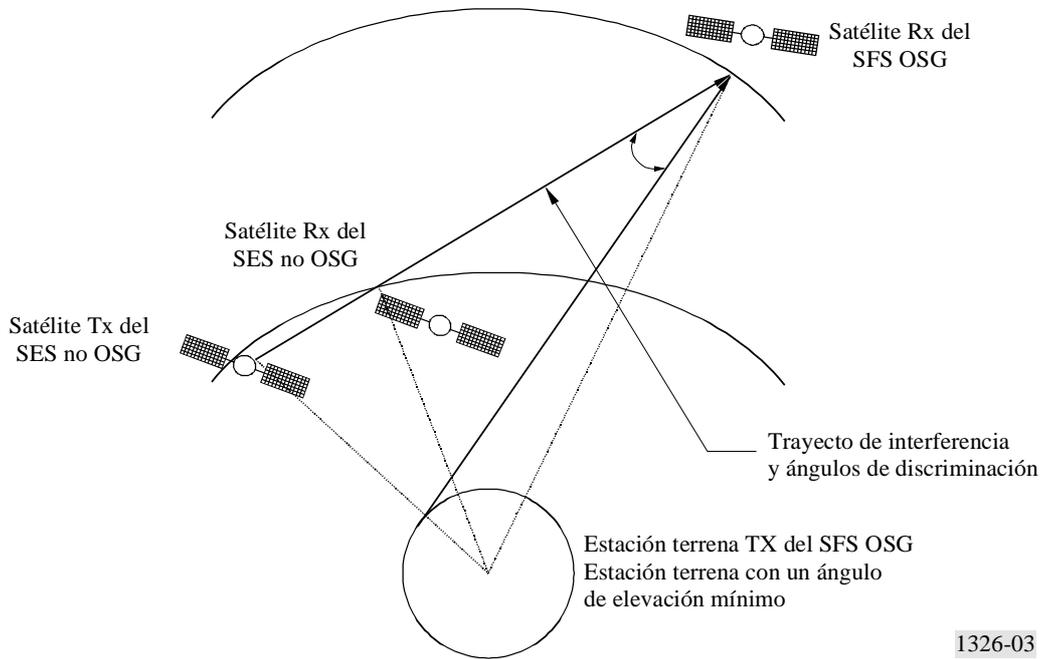
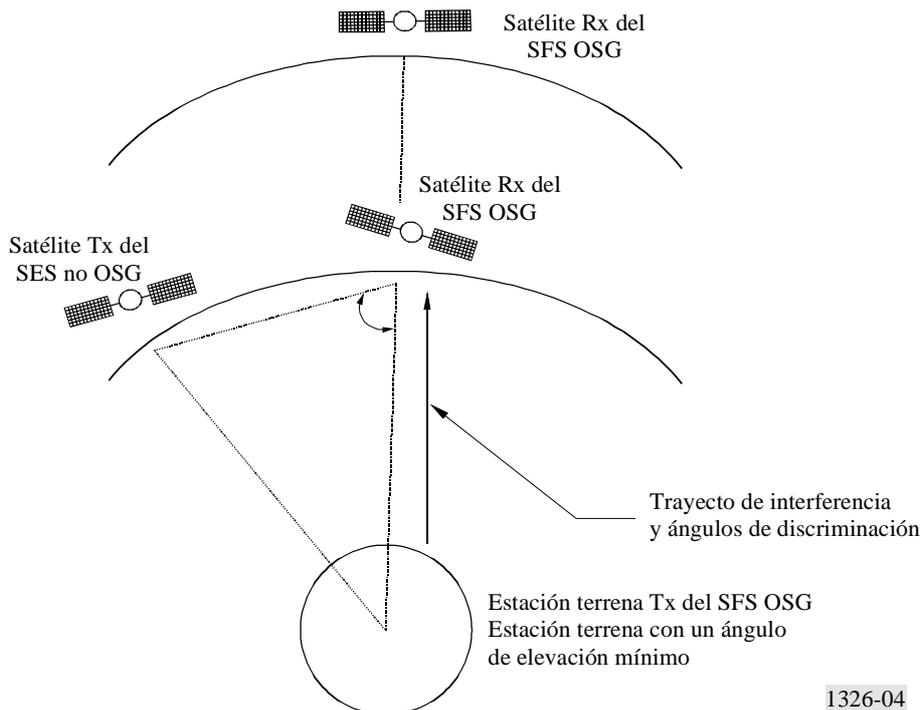


FIGURA 3
Situación de interferencia del Caso 3
Interferencia causada por un satélite Tx del SES no OSG a un satélite Rx del SFS no OSG



1326-03

FIGURA 4
Situación de interferencia del Caso 4
Interferencia causada por una estación terrena Tx del SFS no OSG a un satélite Rx del SES no OSG



1326-04

2 Discusión de los resultados

El análisis de este Anexo demuestra que sería viable la compartición entre redes del SFS OSG que funcionan en el sentido Tierra-espacio y EES OSG, a condición de que se adopten ciertas técnicas de reducción de interferencia. Estas técnicas incluyen la utilización de antenas de haz estrecho por el SES, el empleo de buenas características de diagramas de radiación de antena fuera del eje por el SES y el SFS, la evitación de EES muy largos, la especificación de una separación angular mínima entre satélites del SES OSG y satélites del SFS OSG, y la utilización de control de potencia de enlace ascendente en estaciones terrenas grandes del SFS.

Además, el análisis revela que hay un margen de interferencia producida por estaciones terrenas del SFS a EES de redes no OSG en órbitas terrenas bajas. Considerando la posibilidad de que existan grandes números de tales enlaces, podría resultar difícil la compartición entre redes del SFS OSG y redes del SES no OSG.

Hay que señalar, además, que el análisis no ha considerado la posible utilización de la banda 50,4-51,4 GHz para enlaces de conexión de otros servicios (por ejemplo, redes SMS no OSG del SFS) o el uso de la banda por redes del SFS no OSG. Si se emplean tales redes en esta banda, se podrían producir dificultades de compartición que exigirían estudio ulterior.

3 Parámetros utilizados en el análisis

CUADRO 1

Parámetros de redes de transmisión y recepción del SFS OSG

Frecuencia utilizada en el análisis (GHz)	30,0
Máximo aumento admisible de la temperatura de ruido del sistema en las redes del SES (%)	6,0
<i>Red 1 del SFS OSG</i> (para el cálculo de la interferencia causada a satélites del SFS)	
Ganancia del Tx en el eje de puntería de la estación terrena (dBi)	45,1
Potencia de portadora en la estación terrena (dBW)	-7,4
Ganancia en el eje de puntería del satélite Rx (dBi)	47,4
Ganancia de lóbulo posterior del satélite Rx (dBi)	-10,0
Diagrama de antena de recepción del satélite Rx	Rec. UIT-R S.672
Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena (grados)	10,0
Anchura de banda ocupada por la portadora (MHz)	0,333
C/N requerida (dB)	5,8
Margen de propagación (dB)	2,5
<i>Red 2 del SFS OSG</i> (para el cálculo de la interferencia causada por estaciones terrenas del SFS)	
Ganancia del Tx en el eje de puntería de la estación terrena (dBi)	63,7
Ganancia de lóbulo posterior de la estación terrena (dBi)	-10,0
Diagrama de antena de la estación terrena	Apéndice 30B del RR (29-25 de caída)
Potencia de portadora en la estación terrena (dBW)	13,3
Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena (grados)	10,0
Anchura de banda ocupada por la portadora (MHz)	186,6

CUADRO 2

Parámetros de redes del SES OSG y del SES no OSG

<i>Redes del SES OSG</i>	
Ganancia de los Rx/Tx en el eje de puntería del satélite (dBi)	54,3 (por extrapolación)
Ganancia de los Rx/Tx de lóbulo posterior del satélite (dBi)	-10
Diagrama de antena de los Rx/Tx	Rec. UIT-R S.672
Potencia de portadora en un satélite Tx (dBW)	14,0 (por extrapolación)
Separación máxima de longitud entre satélites (grados)	160
Anchura de banda ocupada por la portadora (MHz)	1 000
Anchura de banda del SES requerida (MHz)	4 000
Temperatura de ruido del sistema (K)	630
<i>Redes del SES no OSG</i>	
Ganancia de los Rx/Tx en el eje de puntería del satélite (dBi)	45,0 (por extrapolación)
Ganancia de los Rx/Tx de lóbulo posterior del satélite (dBi)	-10
Diagrama de antena de los Rx/Tx	Rec. UIT-R S.672
Potencia de portadora en un satélite Tx (dBW)	7,4
Separación máxima de EES entre planos (grados)	19
Separación mínima de EES dentro de los planos (grados)	9
Anchura de banda ocupada por la portadora (MHz)	1 000
Anchura de banda del SES requerida (MHz)	2 000
Temperatura de ruido del sistema (K)	438