

## RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1481-1

**Compartición de frecuencias entre sistemas del servicio fijo que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud y sistemas de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite que funcionan en las bandas 47,2-47,5 y 47,9-48,2 GHz**

(Cuestiones UIT-R 251/4 y UIT-R 218/9)

(2000-2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que se está desarrollando una nueva tecnología en la que se utilizan estaciones de retransmisión de telecomunicaciones en plataformas a gran altitud situadas en puntos fijos de la estratosfera (véase la Nota 1);
- b) que los sistemas que utilizan una o más estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) situadas en puntos fijos de la estratosfera pueden contar con atributos convenientes para las comunicaciones digitales de gran velocidad en banda ancha, incluyendo las de vídeo interactivo y otras aplicaciones, con un potencial significativo de reutilización de frecuencias y capacidad de dar servicio a una gran densidad de usuarios;
- c) que dichos sistemas serían capaces de dar cobertura a regiones metropolitanas con grandes ángulos de elevación y longitudes de trayecto reducidas, así como a zonas rurales circundantes de países vecinos con ángulos de elevación reducidos, aunque sin disminución de capacidad;
- d) que los servicios digitales de banda ancha que prestan dichos sistemas en el servicio fijo pretenden aportar infraestructuras de información para comunicaciones de amplio espectro con el fin de promocionar la red de Infraestructura mundial de la información (GII);
- e) que se prevé que los usuarios de estos servicios en zonas de grandes densidades de población y empresariales sean ubicuos;
- f) que el espectro radioeléctrico por encima de 30 GHz está atribuido a diversos servicios de radiocomunicaciones y que muchos sistemas distintos utilizan ya o prevén utilizar estas atribuciones de bandas de frecuencias;
- g) que las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz están atribuidas al servicio fijo por satélite (SFS), incluyendo los sistemas no geoestacionarios (no OSG) en el sentido Tierra-espacio;
- h) que hay una demanda creciente de acceso a estas atribuciones;
- j) que conforme al número 5.552A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se ha previsto que la atribución al servicio fijo en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz, sea utilizada por las HAPS;
- k) que conforme a la Resolución 122 (Rev.CMR-2000), se insta a las administraciones a que faciliten la coordinación entre sistemas HAPS del servicio fijo que funcionan en las bandas de 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz y otros servicios de radiocomunicaciones a título primario y con igualdad de derechos en su territorio y territorios adyacentes;
- l) que, como los sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS pueden utilizar toda la gama de ángulos de elevación, la compartición con el SFS puede presentar dificultades;

- m) que dichos sistemas situados en plataformas a gran altitud pudieran no presentar las mismas dificultades de compartición con los enlaces de conexión de la radiodifusión por satélite en las bandas del SFS;
- n) que debido a las grandes pérdidas de difracción en estas frecuencias, la interferencia puede reducirse aprovechando el apantallamiento local para reducir la radiación de los lóbulos laterales;
- o) que la Recomendación UIT-R F.1500 describe un sistema típico del servicio fijo que utiliza HAPS,

*recomienda*

- 1 que para facilitar la compartición de las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz, las estaciones terrenas del SFS utilicen antenas con diámetros de 2,4 m al menos u otros tipos de antena con características similares;
- 2 que al instalar terminales de usuario o estaciones cabeza de línea del servicio fijo utilizando HAPS o estaciones terrenas del SFS se aproveche la topografía local o las construcciones a fin de maximizar el apantallamiento de la radiación de los lóbulos laterales, manteniendo las características del sistema. Ello puede incluir el emplazamiento de las antenas en la altura mínima aceptable sobre el nivel del suelo;
- 3 que en las zonas en que un sistema HAPS pretenda ofrecer un servicio ubicuo, no se espere que la compartición con las estaciones terrenas del SFS sea factible, en general. Para el sistema HAPS típico descrito en la Recomendación UIT-R F.1500 con zonas de servicio simétricas alrededor del punto nadir de HAPS, se espera que el límite del servicio ubicuo se encuentre en el borde exterior de la zona de cobertura suburbana, a unos 80 km del nadir;
- 4 que en la zona de cobertura rural, más allá de un radio de 80 km, no se prevea la prestación de un servicio ubicuo y que podría ser viable la compartición con las estaciones terrenas del SFS siempre que las estaciones terrenas del SFS tengan discriminación angular suficiente entre la plataforma HAPS y el satélite SFS. A menudo tal discriminación angular sólo se puede alcanzar si la estación terrena del SFS se sitúa fuera de la región de cobertura HAPS o si el eje de puntería del satélite del SFS está orientado fuera de la zona de cobertura de la HAPS;
- 5 que para las estaciones terrenas del SFS ubicadas y los terminales de usuario HAPS en la zona de cobertura rural, la distancia de separación máxima tomando en cuenta el apantallamiento local sea de aproximadamente 30 km. Pero ello depende en gran medida de la geometría de las estaciones terrenas en relación con los terminales de usuario y en muchos casos puede ser menor de 1 km;
- 6 que al analizar las posibilidades de compartición entre sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS y sistemas en el SFS, tal como se efectúa en el Anexo 4, se utilicen provisionalmente la metodología del Anexo 1 y la información de los Anexos 2 y 3 (véanse las Notas 2 a 5);
- 7 que se realicen más estudios para identificar hipótesis de funcionamiento y técnicas de reducción de la interferencia adicionales que podrían facilitar la compartición de frecuencias.

NOTA 1 – Se reconoce que los sistemas que utilizan HAPS tienen una aplicabilidad potencial a servicios de radiocomunicaciones diversos tales como los móviles y los de radiodifusión. En esta Recomendación la aplicación se refiere al servicio fijo en las bandas 47,2-47,5 y 47,9-48,2 GHz.

NOTA 2 – La información de los Anexos 2 y 3 se refiere a un sistema específico que se está desarrollando. Se requieren nuevos estudios para desarrollar ampliamente criterios de interferencia aplicables.

NOTA 3 – Los parámetros de los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) citados en el Anexo 3 proceden del Informe UIT-R BO.2016. Los parámetros utilizados para los sistemas del SFS OSG se citan también en el Anexo 3.

NOTA 4 – Puede que sea necesario determinar la máxima densidad de flujo de potencia admisible en los satélites situados en la OSG debido a la interferencia combinada que causan los terminales de usuario situados en el suelo pertenecientes a las redes con plataformas a gran altitud.

NOTA 5 – La evaluación de la interferencia combinada puede mejorarse desarrollando un modelo de simulación que tenga en cuenta las distribuciones geográficas y las características de antena de los terminales situados en el suelo pertenecientes a las redes con plataformas a gran altitud.

## ANEXO 1

### Metodología para estudiar la compartición de frecuencias entre sistemas de gran densidad del servicio fijo que utilizan HAPS y el SFS

#### 1 Introducción

Este Anexo presenta criterios de interferencia y los procedimientos de predicción que deben utilizarse para los análisis de compartición entre los sistemas de gran densidad del servicio fijo que utilizan HAPS y los sistemas del SFS. Las bandas de frecuencias consideradas son las de 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz.

En la Recomendación UIT-R F.1500 figuran las características de una red típica que utiliza HAPS para aplicaciones del servicio fijo de gran densidad, y en el Anexo 2 se resumen los parámetros pertinentes.

En el Anexo 3 figuran los parámetros de un sistema típico para los enlaces de conexión del SRS OSG y para los sistemas del SFS OSG.

#### 2 Procedimiento de cálculo

La densidad de la p.i.r.e. en una anchura de banda de referencia de 1 MHz puede calcularse a partir de la fórmula siguiente:

$$p.i.r.e. = P + G_t - L_{tf} - 10 \log B \quad \text{dB(W/MHz)}$$

siendo:

$P$ : densidad de potencia a la salida del transmisor (dB(W/MHz))

$G_t$ : ganancia de la antena transmisora (dBi)

$L_{tf}$ : pérdidas del alimentador de la antena (dB)

$B$ : anchura de banda.

La Recomendación UIT-R P.1409 ofrece los elementos que han de tenerse en cuenta al estimar las pérdidas totales del trayecto. En la Recomendación UIT-R SF.1395 figura también una fórmula para la atenuación atmosférica.

La densidad de potencia recibida esperada puede calcularse a partir de:

$$P_r = P + G_t - L_{tf} + G_r - L_{rf} - L_a - L_p - 10 \log B - 20 \log (4\pi d/\lambda) - 60 \quad \text{dB(W/MHz)} \quad (1)$$

siendo:

$P_r$ : densidad de potencia esperada de la portadora recibida (dB(W/MHz))

$P$ : densidad de potencia a la salida del transmisor (dB(W/MHz))

$G_t$ : ganancia de la antena transmisora (dBi)

$L_{tf}$ : pérdidas del alimentador de la antena (dB)

$G_r$ : ganancia de la antena receptora (dBi)

$L_{rf}$ : pérdidas del alimentador de la antena receptora (dB)

$L_a$ : absorción atmosférica para un ángulo de elevación particular (dB)

$L_p$ : atenuación debida a otros efectos de propagación (dB)

$\lambda$ : longitud de onda (m)

$d$ : distancia (km).

## ANEXO 2

### Características de un sistema típico de red con plataforma a gran altitud

#### 1 Sistema de la plataforma a gran altitud

La Recomendación UIT-R F.1500 describe un sistema típico. El sistema comprende una plataforma situada a gran altitud en un emplazamiento fijo nominal de la estratosfera, a una altura de 21-25 km. La comunicación se establece entre la plataforma y los terminales de usuario situados en el suelo, según una disposición celular que permite una reutilización sustancial de frecuencias. Para la descripción de los terminales de usuario se considera que éstos están en una de las tres zonas siguientes: coberturas de zona urbana, suburbana y rural.

##### 1.1 Zonas de cobertura

Las zonas de cobertura se definen en términos del ángulo de elevación entre el suelo y la HAPS. Los ángulos de depresión en la plataforma son muy similares. El Cuadro 1 da los ángulos y el alcance correspondiente en la cobertura del suelo, medido desde el nadir.

CUADRO 1

#### Zonas de cobertura

| Zona de cobertura | Ángulos de elevación (grados) | Extensión en el suelo (km) |                    |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|
|                   |                               | Plataforma a 21 km         | Plataforma a 25 km |
| Zona urbana       | 90-30                         | 0-36                       | 0-43               |
| Zona suburbana    | 30-15                         | 36-76,5                    | 43-90,5            |
| Zona rural        | 15-5                          | 76,5-203                   | 90,5-234           |

## 1.2 Estación en plataforma

El Cuadro 2 da las características típicas del transmisor y de la antena para una estación situada en una plataforma.

Las comunicaciones con los terminales de usuario utilizarán la modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (MDP-4) con multiplexación por división en el tiempo (MDT) y la comunicación con las estaciones de cabecera utilizará la modulación de alto nivel modulación de amplitud en cuadratura (MAQ-64).

CUADRO 2

### Parámetros del transmisor de la estación situada en una plataforma

| Comunicación con                       | Potencia del transmisor (dBW) | Ganancia de la antena (dBi) |
|--|-------------------------------|-----------------------------|
| Cobertura de zona urbana               | 1,3                           | 30                          |
| Cobertura de zona suburbana            | 1,3                           | 30                          |
| Cobertura de zona rural                | 3,5                           | 41                          |
| Cabecera (cobertura de zona urbana)    | 0                             | 35                          |
| Cabecera (cobertura de zona suburbana) | 9,7                           | 38                          |

## 1.3 Terminales de usuario y estaciones de cabecera

El Cuadro 3 ofrece los parámetros correspondientes de las estaciones situadas en el suelo. En el sentido ascendente, los terminales de usuario utilizarán una multiportadora con asignación por demanda de acceso múltiple por división en tiempo (AMDT) y modulación MDP-4, mientras que las estaciones de cabecera utilizarán técnicas similares a las de la plataforma.

CUADRO 3

### Características del transmisor de la estación situada en el suelo

| Comunicación con                       | Potencia del transmisor (dBW) | Ganancia de la antena (dBi) |
|--|-------------------------------|-----------------------------|
| Cobertura de zona urbana               | -8,2                          | 23                          |
| Cobertura de zona suburbana            | -7                            | 38                          |
| Cobertura de zona rural                | -1,5                          | 38                          |
| Cabecera (cobertura de zona urbana)    | 1,7                           | 46                          |
| Cabecera (cobertura de zona suburbana) | 13,4                          | 46                          |

## 1.4 Diagramas de radiación de antena

Los diagramas de radiación de las antenas de la plataforma se ajustan a la Recomendación UIT-R S.672.

## ANEXO 3

**Parámetros del sistema para el SFS****1 Parámetros del sistema para los enlaces de conexión del SRS**

| <b>Parámetros de los enlaces de conexión del SRS</b> |        |
|--|--------|
| Modulación   | MDP-4  |
| Frecuencia (GHz)                                     | 48,2   |
| Anchura de banda (MHz)                               | 1      |
| Antena transmisora (estación terrena):               |        |
| Potencia (dB(W/MHz))                                 | 3      |
| Ganancia (dBi)                                       | 57,7   |
| Pérdidas del alimentador (dB)                        | 2,5    |
| p.i.r.e. (dB(W/MHz))                                 | 58,2   |
| Ángulo de elevación (grados)                         | 55     |
| Longitud del trayecto (km)                           | 36 780 |
| Pérdidas en el espacio libre (dB)                    | 217,4  |
| Absorción atmosférica (dB)                           | 1,2    |

**2 Parámetros del sistema de un enlace Tierra-espacio del SFS OSG**

| <b>Estación terrena</b>                                  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Frecuencia del enlace ascendente (GHz)                   | 47,2-50,2                          |
| Ganancia máxima de la antena<br>(2,4 m/0,9 m) (dBi)      | 59,7/51,2                          |
| Diagrama de ganancia de la antena<br>(dBi)               | $29 - 25 \log \theta$<br>mín = -10 |
| Pérdidas del alimentador de la estación<br>terrena (dB)  | 2,5                                |
| Ángulo de elevación mínimo (grados)                      | 20                                 |
| Densidad de potencia máxima<br>(2,4 m/0,9 m) (dB(W/MHz)) | -1,8/6,7                           |
| Densidad de p.i.r.e. máxima<br>(2,4 m/0,9 m) (dB(W/MHz)) | 55,4/55,4                          |

| <b>Satélite</b>                           |      |
|---|------|
| Ganancia máxima de la antena (dBi)        | 51,5 |
| $G/T$ del satélite (dB(K <sup>-1</sup> )) | 23,4 |
| Temperatura de ruido del sistema (K)      | 650  |
| Apertura del haz (grados)                 | 0,3  |
| Número de haces                           | 24   |

## ANEXO 4

## Compartición de frecuencias entre los sistemas HAPS en el servicio fijo y las estaciones del SFS

### 1 Parámetros del sistema para HAPS en el servicio fijo

Los parámetros utilizados en el estudio se obtuvieron de la Recomendación UIT-R F.1500 y son los siguientes:

CUADRO 4

#### Zonas de cobertura HAPS

| Zona de cobertura | Ángulos de elevación (grados) | Alcance en el suelo (km) (HAPS a 21 km) |
|-------------------|-------------------------------|---|
| Zona urbana       | 90-30                         | 0-36                                    |
| Zona suburbana    | 30-15                         | 36-76,5                                 |
| Zona rural        | 15-5                          | 76,5-203                                |

CUADRO 5

#### Parámetros del transmisor situado en las estaciones en plataformas

| Comunicación con | Potencia del transmisor (dBW) | Ganancia de antena (dBi) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Zona urbana      | 1,3                           | 30                       |
| Zona suburbana   | 1,3                           | 30                       |
| Zona rural       | 3,5                           | 41                       |

CUADRO 6

#### Parámetros del transmisor situado en el terminal de usuario

| Comunicación con | Potencia del transmisor (dBW) | Ganancia de antena (dBi) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Zona urbana      | -8,2                          | 23                       |
| Zona suburbana   | -7                            | 38                       |
| Zona rural       | -1,5                          | 38                       |

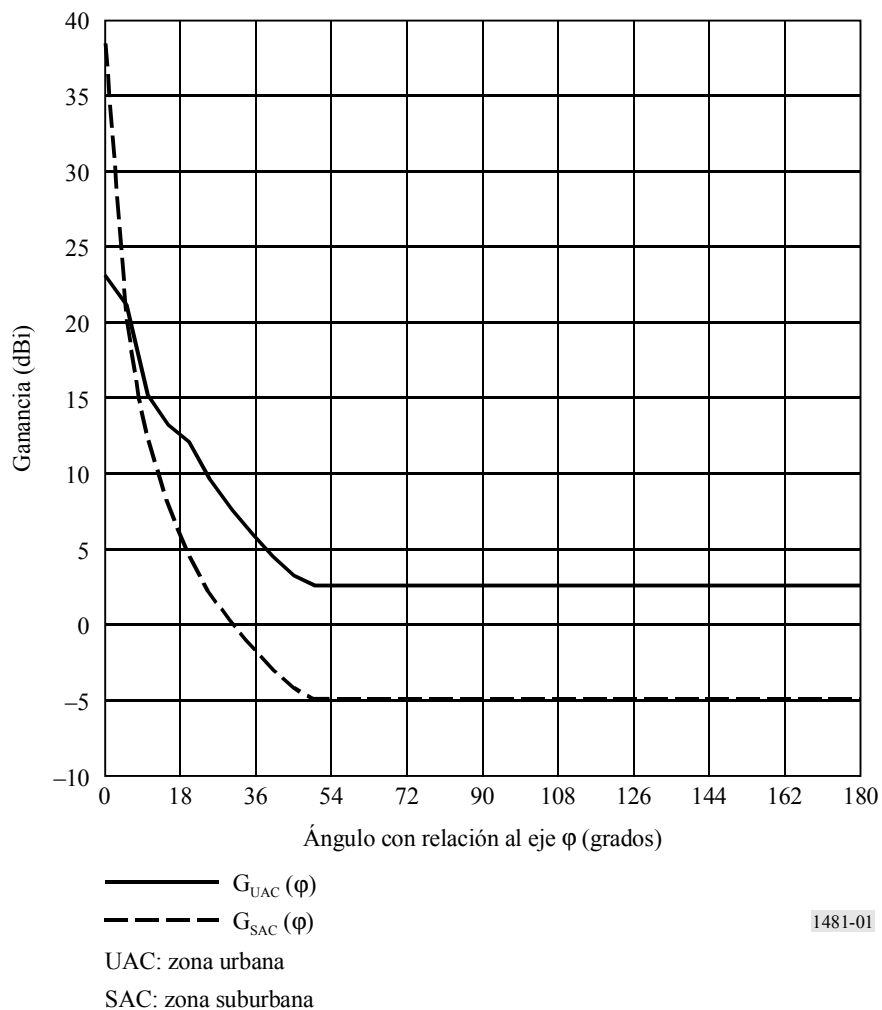
CUADRO 7

## Criterios de interferencia para sistemas HAPS

|                                       | Terminal de usuario | HAPS   |
|---------------------------------------|---------------------|--------|
| Criterio de interferencia (dB(W/MHz)) | -149                | -151,6 |

FIGURA 1

## Diagramas de radiación de antenas para terminales de usuario HAPS utilizando la Recomendación UIT-R F.699



## 2 Consideraciones generales de los sistemas del SFS

Existen una serie de sistemas del SFS que pueden funcionar en la banda de 47 GHz (enlace Tierra-espacio). Los parámetros proporcionados en el Cuadro 8 representan un sistema típico del SFS OSG y se utilizaron como base para el análisis.



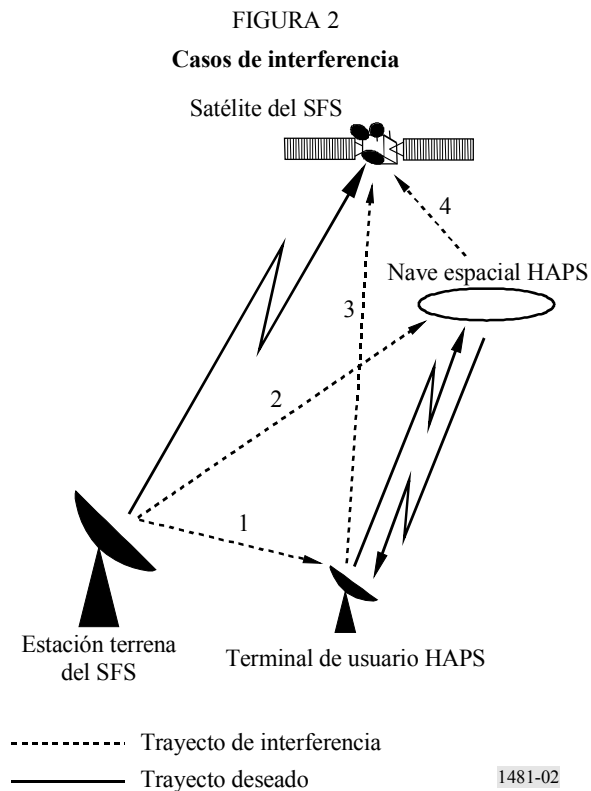
CUADRO 8

**Características de una estación terrena del SFS típica**

| Estación terrena   |  |
|--|--|
| Ganancia máxima de la antena (dBi)                               | 57,5   |
| Diámetro de la antena (m)  | 1,88   |
| Máxima potencia del transmisor antes de las pérdidas (dB(W/MHz)) | 3  |
| Pérdidas en la estación terrena (dB)                             | 2,5  |
| p.i.r.e. (dB(W/MHz))   | 58   |
| Diagram de antena  | Apéndice 30B del RR                          |
| Ángulo de elevación (grados)                                     | 55   |
| Satélite   |  |
| Ganancia máxima de la antena (dBi)                               | 51,8   |
| Criterio de interferencia (dB(W/MHz))                            | -150,5                                       |
| Diagrama de la antena  | Recomendación UIT-R S.672<br>( $L_s = -20$ ) |

**3 Análisis de interferencia**

La Fig. 2 ilustra los casos de interferencia considerados en este estudio. Estos casos se enumeran en el Cuadro 9.



## CUADRO 9

## Casos de interferencia

| Caso de interferencia | Fuente de interferencia  | Sistema víctima          |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                     | Estación terrena del SFS | Terminal de usuario HAPS |
| 2                     | Estación terrena del SFS | Nave espacial HAPS       |
| 3                     | Terminal de usuario HAPS | Satélite del SFS         |
| 4                     | Nave espacial HAPS       | Satélite del SFS         |

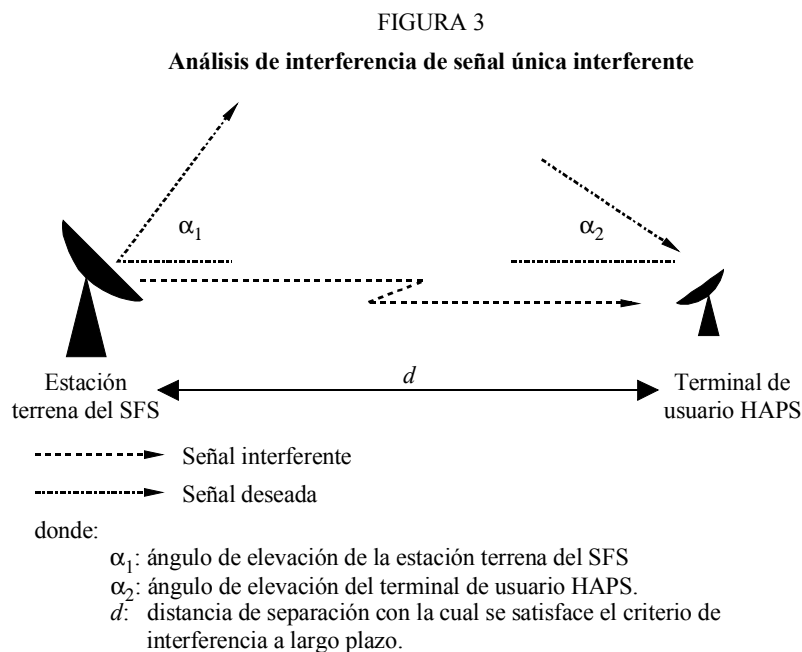
Se debe considerar un nuevo caso: el trayecto de interferencia desde una HAPS a través de retrodispersión en el suelo hacia un satélite. En la Recomendación UIT-R P.1409 se proporciona alguna información pertinente para este caso, que requiere nuevos estudios.

### 3.1 Interferencia causada por estaciones terrenas del SFS a terminales de usuario HAPS (Caso 1)

Este punto examina la interferencia provocada por las estaciones terrenas SFS en los terminales de usuario HAPS.

#### 3.1.1 Análisis de interferencia en el caso de una sola señal interferente

Este análisis se basa en la propagación en el espacio libre y en la pérdida atmosférica. No se tomaron en cuenta los efectos de edificaciones e irregularidades del terreno.



1481-03

El Cuadro 10 contiene los detalles de las distancias de separación que se obtuvieron utilizando los parámetros proporcionados en el Cuadro 8.

CUADRO 10

**Distancias de separación requeridas para el análisis de la interferencia  
producida por una sola fuente interferente**

| <b>Zona de cobertura HAPS</b>                               | <b>Zona urbana</b> | <b>Zona suburbana</b> | <b>Zona rural</b> |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Ángulo de elevación del terminal de usuario HAPS (grados)   | 30                 | 15                    | 5                 |
| Ángulo de elevación de la estación terrena del SFS (grados) | 55                 | 55                    | 55                |
| Distancia de separación (km)                                | 10,25              | 7,5                   | 20                |

### 3.1.2 Modelo de obstrucción por edificios

En realidad, no siempre habrá un trayecto de visibilidad directa entre las estaciones terrenas del SFS y los terminales de usuario HAPS, especialmente en zonas urbanas y suburbanas. En consecuencia, puede suponerse que cuando no existe ese tipo de trayecto entre los terminales de usuario HAPS y las estaciones terrenas del SFS, la pérdida del trayecto debería ser tal que se podría ignorar la interferencia causada a los terminales de usuario HAPS. Este tipo de situaciones se han modelado utilizando la Recomendación UIT-R P.1410 – Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales de acceso radioeléctrico de banda ancha en ondas milimétricas que funcionan en una gama de frecuencias de 20-50 GHz aproximadamente. La Recomendación utiliza un modelo estadístico sencillo para predecir la probabilidad de que exista un trayecto de visibilidad directa entre el terminal de usuario HAPS y la estación terrena del SFS. El modelo utiliza los siguientes parámetros:

- ocupación media de edificios dentro de la zona bajo investigación;
- número medio de edificios/km<sup>2</sup>;
- altura media de los edificios (m).

La Recomendación incluye también valores típicos para cada uno de los tres parámetros antes enumerados. Es importante observar que las características de los edificios difieren de una ciudad a otra. En consecuencia, en la mayor medida posible se deben utilizar los parámetros de edificios reales cuando se lleva a cabo un análisis de interferencia detallado. El Cuadro 11 contiene los parámetros que fueron utilizados en el análisis.

CUADRO 11

**Distribución de edificios y parámetros de altura**

| <b>Zona de cobertura</b>                  | <b>Zona urbana</b> | <b>Zona suburbana</b> | <b>Zona rural</b> |
|---|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Ocupación media de edificios en la zona   | 0,25               | 0,11                  | 0,025             |
| Número medio de edificios/km <sup>2</sup> | 1 500              | 750                   | 250               |
| Altura media de los edificios (m)         | 10                 | 7,63                  | 7,63              |

### 3.1.3 Análisis de interferencia utilizando un modelo de obstrucción por edificios

El modelo de obstrucción por edificios toma en cuenta la manera en que están distribuidos los edificios. Este modelo se utilizó para evaluar la interferencia provocada por las estaciones terrenas del SFS a los terminales de usuario HAPS empleando el siguiente procedimiento:

- se establece una distancia de separación mínima inicial entre la estación terrena del SFS y el terminal de usuario HAPS;

- se establecen un millón de distribuciones aleatorias de terminales de usuario HAPS y se evalúa el nivel de interferencia causada por la estación terrena del SFS para cada distribución aleatoria de los terminales de usuario;
- si alguna de las distribuciones aleatorias da lugar a un caso en el que se rebasa el criterio de interferencia, se aumenta la distancia de separación;
- si la interferencia no se rebasa, se disminuye la distancia de separación y se repite la simulación.

El Cuadro 12 contiene detalles de las distancias de separación obtenidas.

CUADRO 12

**Distancias de separación para el análisis de interferente único utilizando un modelo de obstrucción por edificios**

| Región de cobertura                                  | Zona urbana | Zona suburbana | Zona rural |
|--|-------------|----------------|------------|
| Ángulo de elevación del terminal de usuario (grados) | 30          | 15             | 5          |
| Distancia de separación (km)                         | 1,5         | 1,3            | 6,25       |

El Cuadro 12 muestra que se reducen significativamente las distancias de separación requeridas cuando se toma en cuenta el bloqueo debido a las edificaciones.

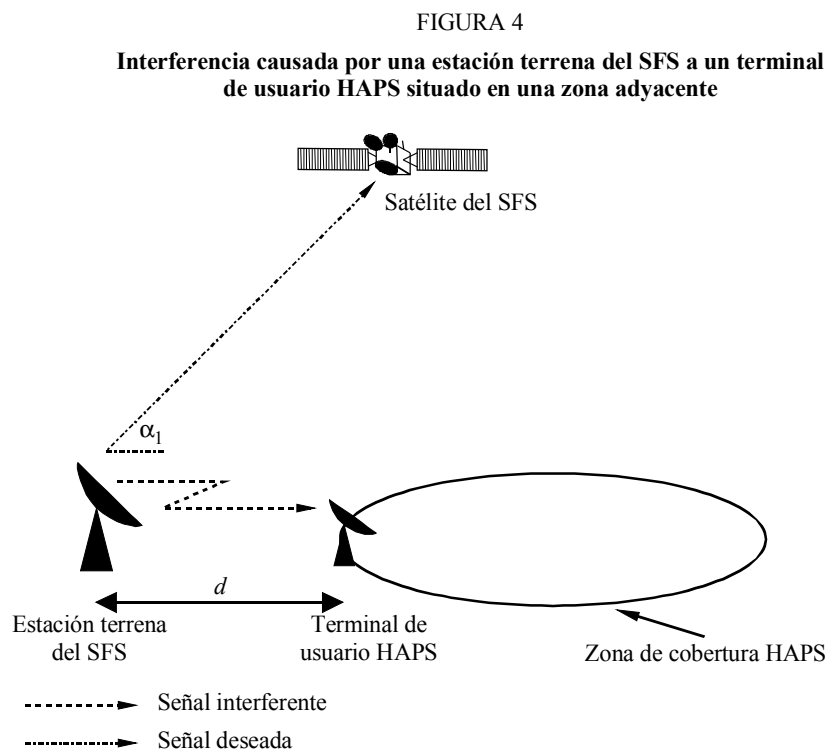
### 3.1.4 Distancias de separación entre las estaciones terrenas del SFS y las zonas de cobertura HAPS

Los resultados del punto anterior indican una reducción en las distancias de separación motivada por el apantallamiento debido a los edificios. Sin embargo, esta reducción puede no ser suficiente para facilitar la instalación de estaciones terrenas del SFS en zonas de cobertura HAPS, especialmente en zonas donde se prevé un servicio ubicuo. Bajo estas condiciones, sólo será posible el funcionamiento de las estaciones terrenas del SFS fuera de las zonas de cobertura HAPS. En el Cuadro 13 se proporcionan las distancias de separación calculadas entre las estaciones terrenas del SFS y las zonas de cobertura HAPS.

CUADRO 13

**Distancias de separación entre una estación terrena del SFS y una zona de cobertura HAPS**

| Zona de cobertura HAPS                               | Zona urbana | Zonas urbana y suburbana | Zonas urbana, suburbana y rural |
|--|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| Ángulo de elevación del terminal de usuario (grados) | 30          | 15                       | 5                               |
| Distancia de separación (km)                         | 6,2         | 4,2                      | 4,2                             |



1481-04

### 3.2 Interferencia causada por estaciones terrenas del SFS a plataformas HAPS (Caso 2)

El análisis de este punto se basa en la suposición de que sería difícil instalar estaciones terrenas del SFS dentro de una zona de cobertura HAPS, especialmente en zonas donde se prevé un servicio ubicuo.

#### 3.2.1 Análisis

Se ubica una estación terrena del SFS a una distancia dada fuera de la región de cobertura HAPS. La distancia de separación inicial se toma del Cuadro 13 y se determina a continuación la interferencia en la plataforma HAPS debida a la estación terrena del SFS. Los resultados aparecen en el Cuadro 14.

CUADRO 14

**Interferencia en una plataforma HAPS debida a una estación terrena del SFS ubicada fuera de la zona de cobertura HAPS**

| Zona de cobertura HAPS                               | Zona urbana | Zonas urbana y suburbana | Zonas urbana, suburbana y rural |
|--|-------------|--------------------------|---------------------------------|
| Ángulo de elevación del terminal de usuario (grados) | 30          | 15                       | 5                               |
| Distancia de separación (km)                         | 6,2         | 4,2                      | 4,2                             |
| Nivel de interferencia (dB(W/MHz))                   | -144,2      | -149,37                  | -152,65                         |

Los resultados del Cuadro 14 indican que las distancias de separación son suficientes solamente para el caso cuando la cobertura HAPS se extiende hacia terminales de usuario a 5° (zonas urbana, suburbana y rural). Las distancias de separación para la cobertura de la zona urbana y la cobertura de la zona urbana y de la zona suburbana dan lugar a unos niveles de interferencia que rebasan el criterio. En consecuencia, se aumentan las distancias de separación hasta que se satisface el criterio de interferencia. Los resultados figuran en el Cuadro 15.

Es importante observar que las distancias de separación del Cuadro 15 son aquellas que alcanzan a satisfacer el criterio de interferencia de la plataforma HAPS y de los terminales de usuario cuando la estación terrena del SFS está situada fuera de la zona de cobertura HAPS.

CUADRO 15

**Distancias de separación entre una estación terrena del SFS  
y una zona de cobertura HAPS**

| <b>Zona de cobertura HAPS</b>                        | <b>Sólo zona urbana</b> | <b>Zonas urbana<br/>y suburbana</b> | <b>Zonas urbana,<br/>suburbana y rural</b> |
|--|-------------------------|-------------------------------------|--|
| Ángulo de elevación del terminal de usuario (grados) | 30                      | 15                                  | 5  |
| Distancia de separación (km)                         | 9,6                     | 15,5                                | 4,2  |

### **3.3 Interferencia causada por los terminales de usuario HAPS a un satélite del SFS (Caso 3)**

#### **3.3.1 Análisis de interferencia en el caso de una sola señal interferente**

Este punto investiga la interferencia provocada por un solo terminal de usuario HAPS suponiendo que su antena está orientada en dirección del eje de puntería del satélite del SFS.

Los resultados en el Cuadro 16 indican que el acoplamiento del haz principal entre los terminales de usuario de una zona suburbana HAPS o zona rural HAPS rebasaría el criterio de interferencia de la estación espacial del SFS.

CUADRO 16

**Interferencia causada por un terminal de usuario HAPS a una estación espacial del SFS suponiendo acoplamiento del haz principal**

| <b>Zona de cobertura</b>              | <b>Zona urbana</b> | <b>Zona suburbana</b> | <b>Zona rural</b> |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Interferencia (dB(W/MHz))             | -155               | -140,9                | -134              |
| Criterio de interferencia (dB(W/MHz)) | -150,5             |                       |                   |

#### **3.3.2 Análisis de interferencia combinada**

En realidad, sólo unos pocos, o en algunos casos ninguno, de los terminales de usuario HAPS apuntaría hacia la estación espacial del SFS, especialmente cuando el eje de puntería del satélite del SFS no está orientado en dirección de la zona de cobertura HAPS. Para el análisis de interferencia combinada, las regiones de cobertura HAPS se ocupan con terminales de usuario y se calcula la interferencia recibida en la estación espacial del SFS para una serie de pruebas, correspondiendo cada una de ellas a una distribución aleatoria de terminales de usuario HAPS. Se supone que el eje de puntería del satélite del SFS no está orientado en dirección de la zona de cobertura HAPS, de manera que hay suficiente compensación entre la huella del satélite del SFS y la zona de cobertura HAPS.

Además, es importante observar que una plataforma HAPS totalmente cargada podría admitir 100 terminales de usuario cocanal en cada una de las tres zonas de cobertura.

CUADRO 17

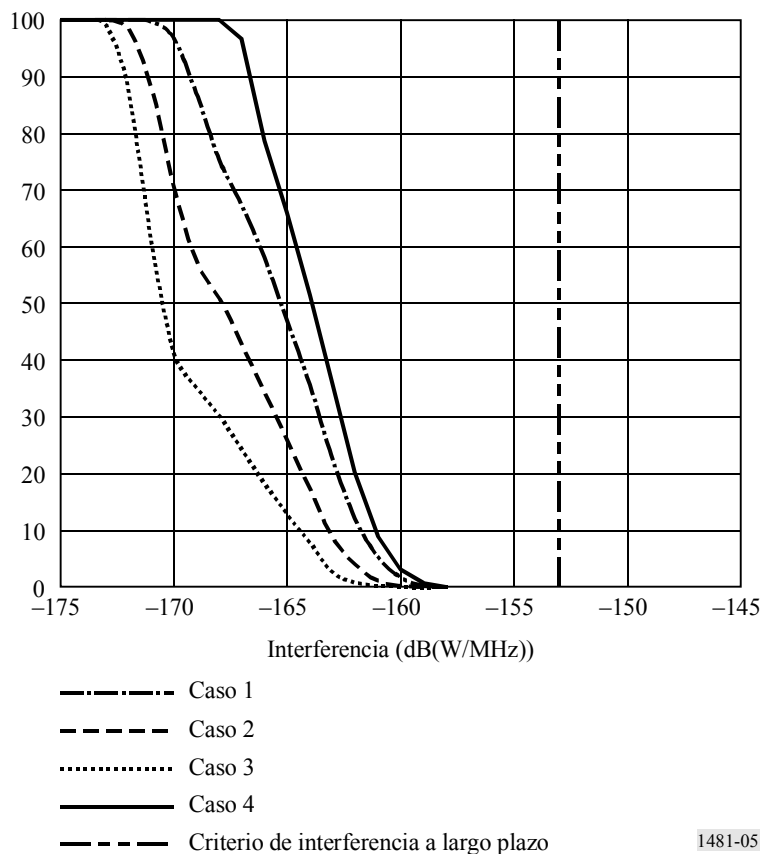
**Diferentes distribuciones de terminales de usuario HAPS activas utilizadas en el análisis de interferente múltiple**

| Zona de cobertura            | Zona rural                             | Zona suburbana | Zona urbana |
|------------------------------|--|----------------|-------------|
| Gama de ángulos de elevación | 5-15                                   | 15-30          | 30-90       |
|                              | <i>Número de terminales de usuario</i> |                |             |
| Caso 1                       | 0                                      | 0              | 100         |
| Caso 2                       | 10                                     | 30             | 60          |
| Caso 3                       | 33                                     | 33             | 34          |
| Caso 4                       | 100                                    | 100            | 100         |

En la Fig. 5 se representa la función de distribución acumulativa (FDA) de la interferencia para 10 000 ensayos.

FIGURA 5

**FDA de la interferencia para la interferencia combinada causada por las terminales de usuario HAPS a un satélite del SFS**



La Fig. 5 indica que la interferencia recibida en el satélite del SFS está por debajo del umbral en todos los casos que fueron considerados.

### **3.4 Interferencia causada por una HAPS a un satélite del SFS (Caso 4)**

El análisis en este punto se basa en la hipótesis de que el lóbulo posterior de la plataforma HAPS apunta en la dirección del eje de puntería de los satélites del SFS. No se toma en cuenta el efecto de las reflexiones ni la dispersión de fondo.

Con base a lo anterior, la interferencia en el satélite del SFS se calcula que es aproximadamente  $-167$  dB(W/MHz) para una HAPS con una zona de cobertura rural. La interferencia debida a una plataforma con una zona de cobertura suburbana o urbana será menor que  $-167$  dB(W/MHz) debido a la menor ganancia de antena y a la menor potencia de transmisión.

Por lo tanto, se puede concluir que sería aceptable la interferencia causada por una o más HAPS a un satélite del SFS, lo cual es coherente con los resultados de estudios previos.

## **4 Técnicas de reducción de la interferencia**

### **4.1 Introducción**

Este punto presenta las técnicas de reducción de la interferencia que se podrían aplicar para facilitar la compartición de frecuencias entre los sistemas HAPS del servicio fijo y las estaciones del SFS. Se considera lo siguiente:

- diagramas de radiación mejorados;
- aumento del mínimo ángulo de elevación de los terminales de usuario HAPS;
- asignación dinámica de canal (ADC);
- apantallamiento ambiental.

### **4.2 Mejora de los diagramas de radiación**

La mejora de la característica del lóbulo lateral de los diagramas de radiación de antena de los terminales de usuario HAPS y de las estaciones terrenas del SFS tendría repercusiones en el grado de compartición. Por ejemplo, habría una reducción en la distancia de separación entre las estaciones terrenas del SFS y los terminales de usuario HAPS, además de la disminución de la interferencia causada por las estaciones terrenas del SFS a las plataformas HAPS.

### **4.3 Aumento de los ángulos mínimos de elevación de los terminales de usuario HAPS**

El aumento del ángulo mínimo de elevación de los terminales de usuario HAPS reduciría la ganancia con respecto al eje de puntería en el sentido de la estación terrena del SFS, lo cual haría disminuir la interferencia recibida en el terminal de usuario así como la distancia de separación desde la estación terrena del SFS. El único inconveniente sería que las plataformas adicionales deberían ofrecer una cobertura completa.

### **4.4 Asignación dinámica de canal**

No puede confirmarse que la ADC tenga una influencia significativa sobre la compartición entre HAPS en el servicio fijo y el SFS, teniendo en cuenta que la ADC daría lugar a una reducción de la capacidad del sistema. Esto requerirá un nuevo estudio.



#### 4.5 Apantallamiento ambiental

La ubicación de terminales de usuario HAPS en emplazamientos que aprovechan el apantallamiento local por edificios, árboles, etc., puede aumentar significativamente la posibilidad de la compartición de frecuencias. Sin embargo, se debe reconocer que tales mejoras solamente se pueden obtener en casos ad-hoc de situaciones particulares, que sería difícil incluir en la planificación de la red.

### 5 Conclusiones

Este Anexo ha examinado el grado posible de compartición entre los sistemas HAPS del servicio fijo y las estaciones del SFS que funciona en la banda de 47 GHz. Los resultados muestran que una cobertura común sería difícil en zonas donde se prevé un servicio HAPS ubicuo, lo cual es coherente con los resultados de estudios previos.

También se han considerado las repercusiones de las técnicas de reducción de la interferencia, tales como la mejora de los diagramas de radiación de las antenas, el incremento de los ángulos mínimos de elevación de HAPS y la ADC. Cabe esperar, no obstante, que la influencia de la compartición de frecuencias no sea suficiente para autorizar el funcionamiento en la misma zona de estaciones del SFS y sistemas HAPS del servicio fijo.

Consecuentemente, basándose en las hipótesis y los resultados de este estudio, la compartición de frecuencias entre los sistemas HAPS del servicio fijo y las estaciones del SFS solamente será posible cuando estas estaciones funcionen fuera de la zona de cobertura del sistema HAPS, especialmente en zonas donde se prevé un servicio HAPS ubicuo. El Cuadro 18 proporciona un resumen de los resultados.

CUADRO 18

#### Resumen de los resultados

| Fuente de interferencia  | Víctima                  | Comentarios  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| Estación terrena del SFS | Terminal de usuario HAPS | La compartición de frecuencias no será posible en zonas donde se prevé un servicio HAPS ubicuo   |
| Estación terrena del SFS | Nave espacial HAPS       | Igual que antes, excepto cuando las estaciones terrenas del SFS están ubicadas más allá de una distancia determinada de la zona de cobertura HAPS (véase el Cuadro 15) |
| Terminal de usuario HAPS | Satélite del SFS         | Sería aceptable la interferencia combinada provocada por los terminales de usuario HAPS siempre que no exista superposición entre las zonas de servicio                |
| Nave espacial HAPS       | Satélite del SFS         | Este caso no daría lugar a interferencia inaceptable   |