

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1819

**Protección del servicio de radioastronomía en la banda de 48,94-49,04 GHz frente a emisiones no deseadas procedentes de las HAPS en las bandas de 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz\***

(2007)

**Cometido**

Esta Recomendación proporciona la mínima distancia de separación entre una estación de radioastronomía y el nadir de una HAPS para proteger a las estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda 48,94-49,04 GHz contra las emisiones no deseadas de las estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) que funcionan en las bandas de 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz.

**Abreviaturas**

HAPS Estaciones en plataformas a gran altitud

SRA Servicio de radioastronomía

ZCU Zona de cobertura urbana

ZCS Zona de cobertura suburbana

ZCR Zona de cobertura rural

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que se están desarrollando nuevas tecnologías que utilizan las estaciones en plataformas a gran altitud situadas en la estratósfera;
- b) que la CMR-97 estableció disposiciones para el funcionamiento de las HAPS en el servicio fijo en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz;
- c) que la Recomendación UIT-R F.1500 contiene las características de los sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz;
- d) que es necesario proteger el servicio de radioastronomía (SRA) que funciona en la banda 48,94-49,04 GHz;
- e) que la Resolución 122 (Rev.CMR-03) solicitaba la realización de estudios de compartición de frecuencias entre el servicio de radioastronomía y sistemas con HAPS que utilizan las bandas antes mencionadas,

*recomienda*

**1** que para proteger a las estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda 48,94-49,04 GHz contra las emisiones no deseadas de las HAPS que funcionan en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz, la distancia de separación entre la estación de radioastronomía y el nadir de una HAPS sea superior a 50 km (véase Anexo 1).

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones.

## Anexo 1

### Metodología para determinar la mínima separación entre una antena del SRA y el nadir de una HAPS

#### 1 Introducción

Esta Recomendación presenta los resultados de los estudios de compatibilidad entre las estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) que proporcionan servicios de acceso inalámbrico fijo (FWA) en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz y el servicio de radioastronomía (SRA) en la banda 48,94-49,04 GHz (RR 5.555B) que sólo se utiliza para las observaciones radioastronómicas de la raya espectral. Basándose en los resultados de los estudios se propone una mínima distancia de separación para proteger al SRA.

#### 2 Características del sistema

##### 2.1 Sistema HAPS

Los parámetros utilizados en este análisis aparecen en la Recomendación UIT-R F.1500.

##### 2.2 Niveles umbral e interferencia perjudicial causada al servicio de radioastronomía

El nivel umbral de densidad de flujo de potencia espectral (dfpe) propuesto para proteger una estación del SRA con una ganancia de antena del lóbulo lateral de 0 dBi es  $-209 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  o  $-149 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ . Es necesario considerar la ganancia real  $G$  de la antena del SRA para determinar si la interferencia rebasa el nivel umbral perjudicial.

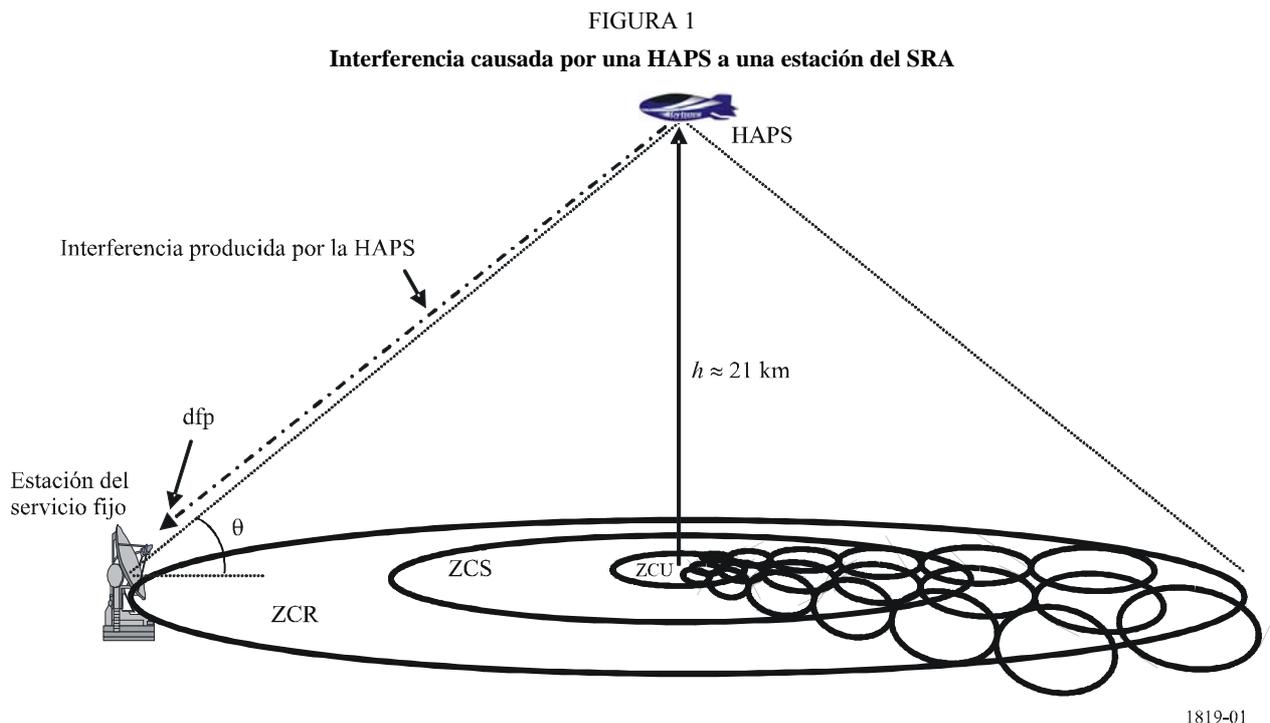
Las antenas del SRA normalmente tienen una ganancia muy elevada, del orden de 70-80 dBi. En el modelo de antena propuesto en la Recomendación UIT-R SA.509, el nivel del lóbulo lateral para un ángulo de  $5^\circ$  con respecto al eje del haz principal es de 15 dBi. El nivel del lóbulo lateral 0 dBi se produce para un ángulo de  $19,05^\circ$  con respecto al eje del haz principal. Debido a la estrechez del haz principal, la interferencia causada a una antena de radioastronomía casi siempre se recibe a través de los lóbulos laterales de la antena, por consiguiente se supone aquí que la HAPS no se acercará a menos de  $5^\circ$  del haz principal de la antena del SRA, de manera que la respuesta del haz principal a la interferencia no se considera en este estudio. Evidentemente, sería conveniente ubicar la HAPS no más cerca de  $20^\circ$  del haz principal de la antena pero ello no es siempre posible. En consecuencia, en este estudio se considera un criterio de interferencia de  $-164 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{Hz))}$  para tener en cuenta la ganancia del lóbulo lateral de la antena del SRA de 15 dBi.

##### 2.3 Técnicas de reducción de la interferencia

Cada antena de HAPS contiene un filtro pasobanda en guías de onda de Chebyshev de 12 secciones con una relación de rechazo de banda eliminada superior a 70 dB para las emisiones no deseadas en frecuencias mayores que cuatro veces las anchuras de banda a 3 dB desde la banda de paso. Para reducir aún más la posible interferencia causada al SRA en 49 GHz, también se incorpora un filtro de banda eliminada (de ranura) de Chebyshev de cinco secciones integrado, con una profundidad de ranura de  $-25 \text{ dB}$  dentro de la banda de rechazo de 100 MHz. Ello proporciona un rechazo total de la banda eliminada superior a 95 dB para la protección del SRA en la banda de 49 GHz.

## 2.4 Hipótesis de interferencia

La hipótesis de interferencia adoptada se ilustra en la Fig. 1. En esta hipótesis, la estación de radioastronomía en tierra que recibe la señal interferente emitida por una HAPS se encuentra situada en el borde o más allá del borde de la cobertura de la HAPS. La señal de interferencia combinada procedente de todos los transmisores a bordo de la HAPS se calcula para proporcionar un límite superior de la densidad de flujo de potencia (dfp).



ZCU, ZCS y ZCR son, respectivamente, las zonas de coberturas urbana, suburbana y rural de la HAPS.

## 2.5 Pérdidas de transmisión básicas

Las pérdidas de transmisión básicas  $L_b$  desde una antena HAPS a una estación del SRA, de acuerdo con la Recomendación UIT-R P.619, pueden expresarse como sigue:

$$L_b = 92,5 + 20 \log f + 20 \log d + A_g + A_D - G_S \quad \text{dB} \quad (1)$$

siendo:

- $f$ : frecuencia (GHz)
- $d$ : longitud del trayecto (km)
- $A_g$ : atenuación (dB) debida a los gases atmosféricos
- $A_D$ : atenuación (dB) debida al ensanchamiento del haz
- $G_S$ : ganancia (dB) debida al centelleo.

Para la atenuación atmosférica, se utilizará la Recomendación UIT-R F.1501. Para el análisis de interferencia, sólo tiene interés la fórmula de la atenuación mínima, por consiguiente la fórmula

para la atenuación  $A_H$  en las regiones de latitudes elevadas (por encima de  $45^\circ$ ) a 47,2 GHz se selecciona para proporcionar un análisis de caso más desfavorable.

$$A_H(h, \theta) = 46,70 / [1 + 0,6872\theta + 0,03637\theta^2 - 0,001105\theta^3 + 0,8087 \times 10^{-5} \theta^4 + h(0,2472 + 0,1819\theta) + h^2(0,04858 + 0,03221\theta)] \quad (2)$$

La fórmula es válida para  $0 \leq h \leq 3$  km y  $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ , donde  $\theta$  (grados) es el ángulo de elevación de la estación en tierra con respecto a la HAPS y  $h$  (km) es la altitud de la estación en tierra sobre el nivel del mar. Para ángulos de elevación reales por debajo de  $0^\circ$ , debe utilizarse la atenuación para  $0^\circ$ .

En el análisis del caso más desfavorable, en ese estudio se ha ignorado la atenuación debida al ensanchamiento del haz.

La ganancia de centelleo,  $G_S$ , es función de la frecuencia, del diámetro de antena de la estación terrena, del ángulo de elevación y del clima local, y puede calcularse a partir de la intensidad prevista del centelleo troposférico. La abertura de la antena receptora desempeña un papel fundamental para suavizar el efecto de la fluctuación del índice de refracción. Cuanto mayor sea la abertura de la antena en relación con la primera zona de Fresnel, menor es el factor medio de abertura del receptor, que siempre es inferior a 1. Una antena del SRA típica tiene un factor medio de abertura comprendido entre 0,1 y 0,7 a lo largo del eje del haz principal. Para la recepción fuera del eje, el factor medio debe ser próximo a 1.

Como el mínimo ángulo de elevación para una HAPS será superior a  $5^\circ$ , actualmente no hay ninguna directriz sobre la forma de realizar una estimación de la ganancia de centelleo a 49 GHz. No obstante, como orientación, se utiliza la ecuación (25) de la Recomendación UIT-R P.618 para determinar la desviación típica de la amplitud del centelleo:

$$\sigma(f, \theta, D) = \sigma_{referencia}(f_0, \theta_0, D_0) \cdot \left(\frac{f}{f_0}\right)^{7/12} \cdot \left(\frac{\text{sen}(\theta_0)}{\text{sen}(\theta)}\right)^{1,2} \cdot \frac{G(D)}{G(D_0)} \quad (3)$$

donde  $\sigma_{referencia}(f_0, \theta_0, D_0)$  es una desviación típica de referencia de la amplitud del centelleo, para una frecuencia  $f_0$ , un ángulo de elevación  $\theta_0$ , y un diámetro de apertura  $D_0$ ,  $G(D)$  es el factor de ganancia media de abertura debida al centelleo y  $f$ ,  $\theta$  y  $D$  son la frecuencia, el ángulo de elevación y la abertura de la antena del SRA en cuestión.

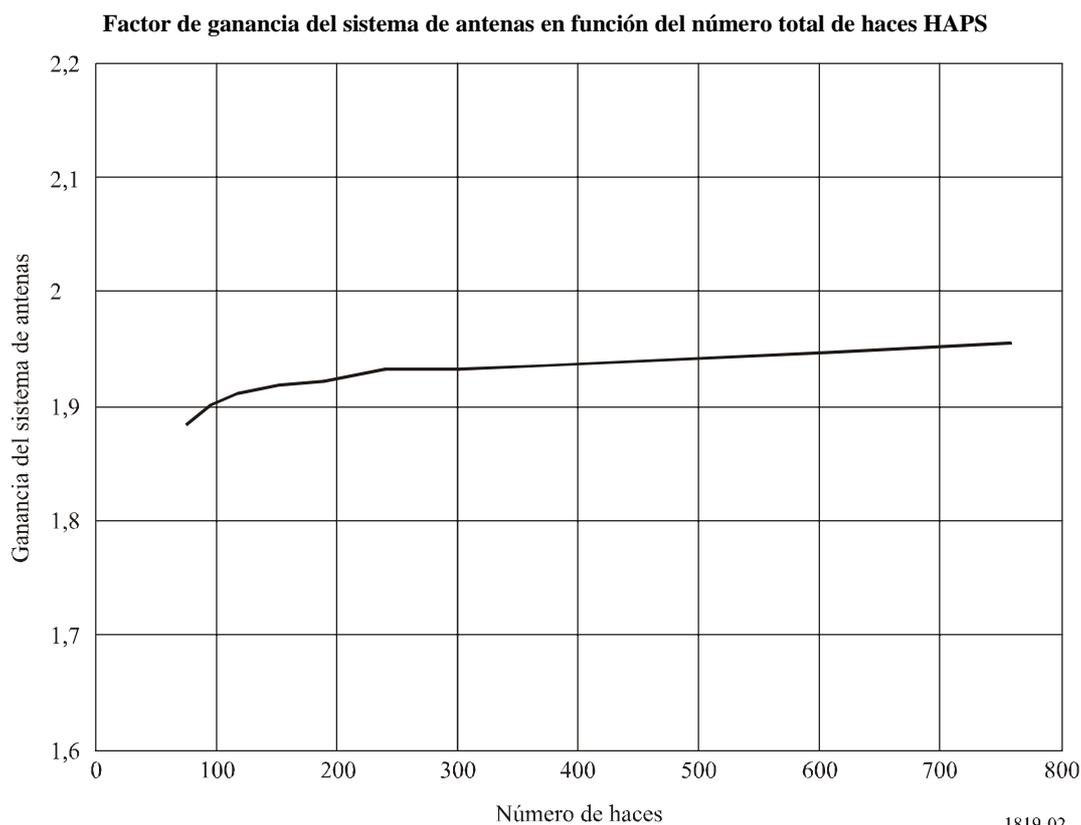
La Recomendación UIT-R P.452, § 4.4, también proporciona una ecuación para calcular las pérdidas de transmisión entre las estaciones situadas en la superficie de la Tierra debidas a la dispersión troposférica, no rebasadas durante un porcentaje de tiempo  $p\%$ . Sin embargo, las pérdidas por dispersión troposférica sólo son aplicables a los trayectos transhorizonte (Recomendación UIT-R P.452, § 4.4, Nota 2), que en el caso de una HAPS supone una distancia superior a 500 km desde el nadir. En consecuencia, siempre que la mínima distancia de separación calculada sea inferior a ese valor, pueden ignorarse las pérdidas por dispersión troposférica. Lo mismo cabe decir para otras pérdidas transhorizonte tales como las pérdidas de propagación por conducto y las pérdidas por difracción.

## 2.6 Resultados de los estudios

Para calcular el nivel de interferencia combinada procedente de una HAPS, debe determinarse en primer lugar un factor de ganancia del sistema de antenas para obtener la ganancia efectiva de la antena transmisora  $G_t$  a fin de determinar el nivel de potencia total transmitida antes de todas las pérdidas, obtenidas como indica la ecuación (1). El factor de ganancia del sistema de antenas se calcula suponiendo que las antenas HAPS están dispuestas como una red hexagonal sobre una superficie hemisférica, teniendo en cuenta el hecho de que dicho sistema de antenas no cubriría todo

el hemisferio incluso con un mínimo ángulo de elevación de cero grados de manera que este cálculo corresponde al extremo superior del límite de la dfpe. Una hipótesis para mayor simplificación consiste en sustituir el resto de antenas de ZCR por antenas de ZCS de ganancia inferior salvo la que apunta directamente hacia el receptor interferido situado en la superficie. Al contrario que en las hipótesis de interferencia cocanal, todas las antenas de las HAPS contribuyen a las emisiones no deseadas a las frecuencias del SRA de la gama 48,94-49,04 GHz. La potencia de interferencia real se determina multiplicando la ganancia de una sola antena (no expresada en dBi) por el factor de ganancia del sistema de antenas.

FIGURA 2



La Fig. 2 muestra que el factor de ganancia del sistema de antenas calculado está próximo a 2 casi independientemente del número de haces HAPS. Por consiguiente, el nivel de potencia de interferencia antes de todas las pérdidas puede determinarse suponiendo que existe sólo una antena HAPS apuntando directamente a la antena de la estación del SRA y multiplicando el nivel de potencia resultante por el factor de ganancia del sistema de antenas. Como dicho factor siempre es inferior a 2, en este cálculo se considerará que ese factor es 2.

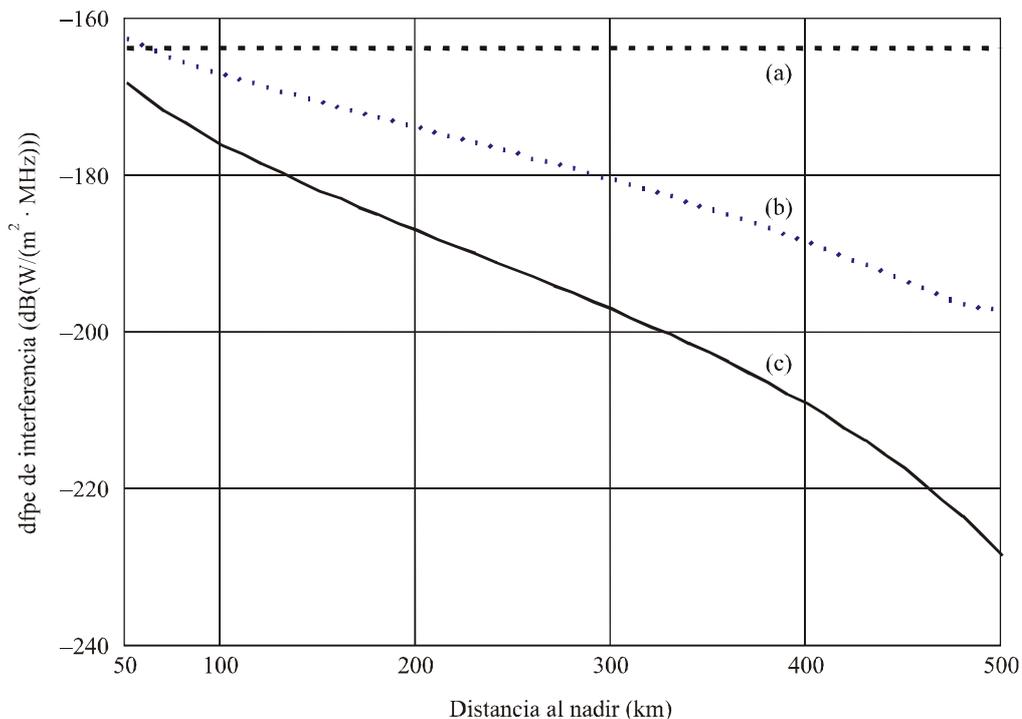
La Fig. 3 muestra el límite superior estimado para la dfpe de interferencia que se espera que reciba una estación del SRA situada a una distancia comprendida entre 50 km y 500 km desde el nadir de la HAPS. Se supone una anchura de banda de transmisión de 11 MHz y unas pérdidas en el cable/alimentador combinadas de 5 dB, y se utiliza una atenuación de banda eliminada total de 95 dB para obtener los resultados definitivos. La dfpe calculada se encuentra entre  $-176,3 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  y  $-236,6 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  para distancias de 50 km y 500 km, respectivamente, como se representa por la línea continua.

Para tener cierta idea del efecto del centelleo troposférico, los datos de mediciones realizadas a largo plazo obtenidos en Isfjord Radio, Spitzbergen durante el verano de 1982 para un ángulo de

elevación de  $3,2^\circ$  se extrapolaron a 49 GHz y a otros ángulos de elevación utilizando la ecuación (3) de la Recomendación UIT-R F.1501. Obsérvese que no se recomienda utilizar la ecuación (3) para ángulos de elevación inferiores a  $4^\circ$  ni para frecuencias superiores a 20 GHz. Por consiguiente, su empleo no es completamente adecuado y sirve únicamente para obtener una primera estimación. Los datos de las mediciones realizadas en Spitzbergen muestran que la ganancia de la amplitud del centelleo rebasó el valor de 12 dB durante no más del 0,001% del tiempo. La línea de puntos representa la adición de la ganancia del centelleo troposférico extrapolada para tener en cuenta el aumento de interferencia debido a la dispersión troposférica de la onda radioeléctrica a 49 GHz, mientras que la línea continua es el nivel de interferencia cuando la ganancia de centelleo es cero. Para obtener una estimación del caso más desfavorable en este estudio se ignoró el factor de ganancia medio de la abertura de la antena del SRA  $G(D)$ , que siempre es menor que 1. El nivel de dfpe interferente cuando se incluye este factor oscila entre  $-172,0 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$  y  $-212,5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ . El incremento más pronunciado de la dfpe interferente refleja el gran aumento de la señal radioeléctrica para ángulos de elevación bajos. El límite de dfpe permanece por debajo del umbral de protección de la dfpe del SRA de  $-164 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ , cuando no se incluye la ganancia de centelleo troposférico. Con la ganancia de centelleo, la mínima distancia de separación es de unos 51 km. Sin embargo, si la HAPS puede permanecer a más de  $5^\circ$  del eje del haz principal de la antena del SRA, es muy probable que la mínima distancia de separación sea despreciable incluso con centelleo. La dfpe disminuye abruptamente cuando la distancia es superior a 200 km, lo que significa un rápido incremento de la atenuación atmosférica. El ángulo de elevación que corresponde a la distancia de 200 km desde el nadir es de unos  $5^\circ$ . El cálculo anterior se basa en la hipótesis de que la estación en tierra del servicio fijo interferido está a nivel del mar. Si dicha estación se encuentra a un nivel más elevado recibirá unos niveles de interferencia superiores a causa de la reducción de la atenuación atmosférica.

FIGURA 3

**dfpe recibida por la antena del SRA en función de la distancia al nadir**



Curva (a): Umbral de protección para el SRA

Curva (b): Nivel de interferencia con ganancia de centelleo

Curva (c): Nivel de interferencia cuando la ganancia de centelleo es cero

**3 Mínima distancia de separación entre la antena del SRA y el nadir de la HAPS para proteger el servicio de radioastronomía**

Se propone que, a efectos de proteger las observaciones de radioastronomía en la banda 48,94-49,04 GHz contra las HAPS que funcionan en las bandas de frecuencias 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz, la distancia de separación entre una antena del SRA y el nadir de una HAPS sea superior a 50 km.

---