

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.1764-1
(05/2011)

**Metodología para evaluar la interferencia
causada por enlaces de usuario de sistemas
del servicio fijo que utilizan estaciones
situadas en plataformas a gran altitud
a sistemas inalámbricos fijos en
las bandas por encima de 3 GHz**

Serie F
Servicio fijo



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2011

© UIT 2011

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

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1764-1

Metodología para evaluar la interferencia causada por enlaces de usuario de sistemas del servicio fijo que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud a sistemas inalámbricos fijos* en las bandas por encima de 3 GHz

(2006-2011)

Cometido

Esta Recomendación proporciona una metodología para evaluar la interferencia, que podría utilizarse para los estudios de compartición entre enlaces de usuario de sistemas del servicio fijo (SF) que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) y sistemas inalámbricos fijos convencionales en las bandas de frecuencias por encima de 3 GHz. Se analizan las situaciones de interferencia causadas por las aeronaves HAPS y las estaciones en tierra a las estaciones inalámbricas fijas. En esta Recomendación no se contemplan los enlaces de pasarela HAPS.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se ha desarrollado una nueva tecnología que utiliza estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) en la estratosfera para proporcionar servicios de alta capacidad;
- b) que algunas administraciones tienen la intención de explotar los sistemas que utilizan HAPS en las bandas atribuidas con exclusividad por el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias o mediante notas para las radiocomunicaciones terrenales tales como los servicios fijos;
- c) que en la Recomendación UIT-R F.1891 puede encontrarse información sobre las arquitecturas que emplean enlaces de pasarela y de usuario en los sistemas que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud en la banda 5 850-7 075 MHz;
- d) que los enlaces de usuario HAPS pueden funcionar en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz;
- e) que, en algunos países, los enlaces de usuario HAPS pueden funcionar en las bandas 27,9-28,2 GHz y 31,0-31,3 GHz,

recomienda

1 que se pueda utilizar la metodología descrita en el Anexo 1 a fin de evaluar la interferencia causada por los enlaces de usuario de sistemas del servicio fijo que utilizan estaciones en plataformas a gran altitud a los sistemas inalámbricos fijos en las bandas por encima de 3 GHz.

* El término «sistema inalámbrico fijo» utilizado en esta Recomendación se refiere a sistemas inalámbricos fijos punto a punto. Por consiguiente, también se utiliza el término «estaciones inalámbricas fijas».

Anexo 1

Metodología para evaluar la interferencia causada por enlaces de usuario de sistemas del servicio fijo que utilizan estaciones situadas en plataformas a gran altitud a sistemas inalámbricos fijos en bandas por encima de 3 GHz

1 Introducción

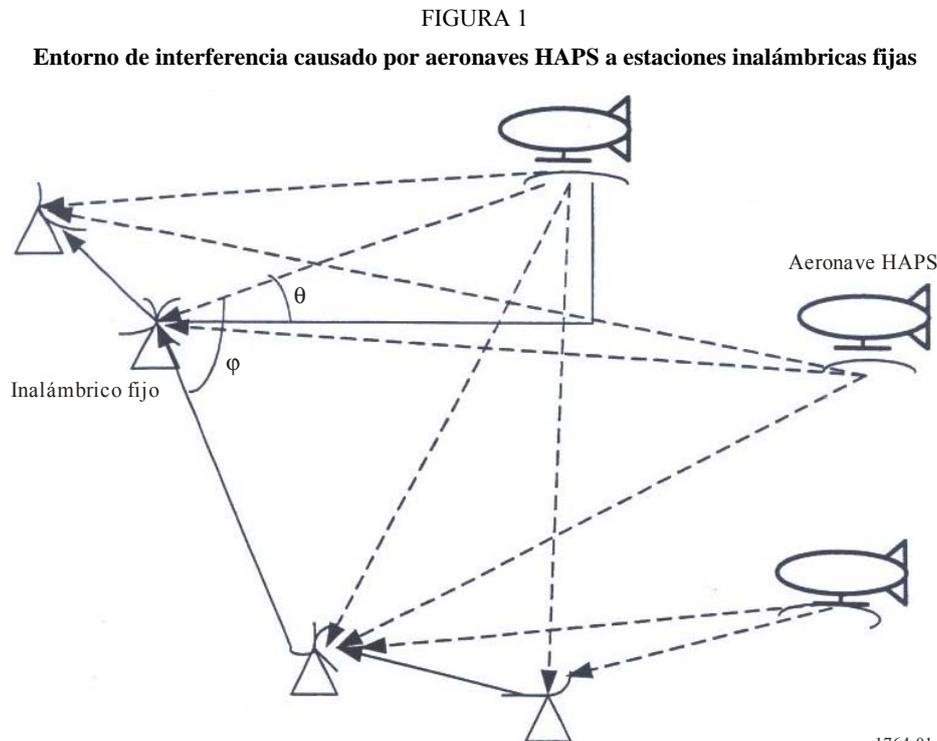
Este Anexo proporciona una metodología para evaluar la interferencia que debe utilizarse en los estudios de compartición entre enlaces de usuario de sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS y sistemas inalámbricos fijos en bandas de frecuencias por encima de 3 GHz. Se consideran las situaciones de interferencia causadas por las aeronaves HAPS y las estaciones en suelo a las estaciones inalámbricas fijas.

También proporciona un ejemplo de evaluación de la interferencia a 6 GHz¹. Esa frecuencia se ha supuesto únicamente para mostrar un ejemplo de la evaluación de la interferencia.

2 Metodología de cálculo de la interferencia causada por los sistemas del servicio fijo que utilizan HAPS a sistemas inalámbricos fijos

2.1 Interferencia causada por aeronaves HAPS a estaciones inalámbricas fijas

La Fig. 1 muestra la situación de interferencia provocada por aeronaves HAPS a estaciones inalámbricas fijas.



1764-01

¹ La banda de frecuencias de 6 GHz no está atribuida exclusivamente a las radiocomunicaciones terrenales. Se eligió en este análisis para facilitar la elaboración de la metodología debido a la gran cantidad de datos técnicos disponibles en esta banda para los sistemas terrenales.

Actualmente, la mayoría de los sistemas del servicio fijo utilizan modulación digital. En el caso de sistemas digitales punto a punto (P-P) y punto multipunto (P-MP), es conveniente evaluar la interferencia en términos de la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento, DFC_{ruta} , definida en la Recomendación UIT-R F.1107, suponiendo que el nivel de interferencia no varía en el tiempo.

Para los sistemas del servicio fijo P-P con n saltos que funcionan en frecuencias donde predomina generalmente el desvanecimiento multitrayecto, en general los objetivos de calidad de funcionamiento para los sistemas del servicio fijo P-P multisalto se especifican según la ruta como sigue:

$$DFC_{ruta} = 100 \frac{\sum_{k=1}^n (I_k)}{n \times N_T} \quad \% \quad (1)$$

siendo:

N_T : ruido térmico del receptor

I_k : interferencia combinada que sufre el k -ésimo receptor procedente de una aeronave HAPS visible.

NOTA 1 – Este modelo ilustra un sistema de estación inalámbrica fija multisalto para los estudios de interferencia en la línea de base, y se indica el periodo en que los sistemas de microondas ofrecen tráfico de alta capacidad y largo alcance. Sin embargo, el despliegue de redes de fibra óptica metropolitanas, nacionales e internacionales hace que se estén sustituyendo rápidamente esos sistemas por sistemas de retroceso que transportan diversos tipos de tráfico y se conectan a la red de fibra. Así, las estructuras más modernas están constituidas principalmente de enlaces cortos. Por consiguiente, es posible que ya no sean de aplicación los análisis de la degradación de la calidad de funcionamiento de extremo a extremo en 50 saltos causada por la interferencia. En realidad habría que proteger cada salto individualmente.

La interferencia combinada recibida en una estación inalámbrica fija digital puede determinarse sumando las contribuciones de todas las aeronaves HAPS visibles. Cada contribución puede calcularse como sigue:

$$I_D = F(\theta) + G(\varphi) + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \quad (2)$$

siendo:

$F(\theta)$: dfp de la aeronave HAPS según el ángulo de llegada por encima del plano horizontal, θ (dB(W/(m² · MHz)))

$G(\varphi)$: ganancia de antena de la estación inalámbrica fija en dirección de la aeronave HAPS, φ (dBi)

λ : longitud de onda de la portadora (m)

L_{fr} : pérdidas en el alimentador de la estación inalámbrica fija (dB).

2.2 Interferencia causada por estaciones en tierra HAPS a estaciones inalámbricas fijas

La Fig. 2 muestra la situación de interferencia provocada por estaciones en tierra HAPS a estaciones inalámbricas fijas.

La potencia interferente HAPS procedente de una estación en tierra HAPS que llega a una estación inalámbrica fija se obtiene mediante la ecuación (3):

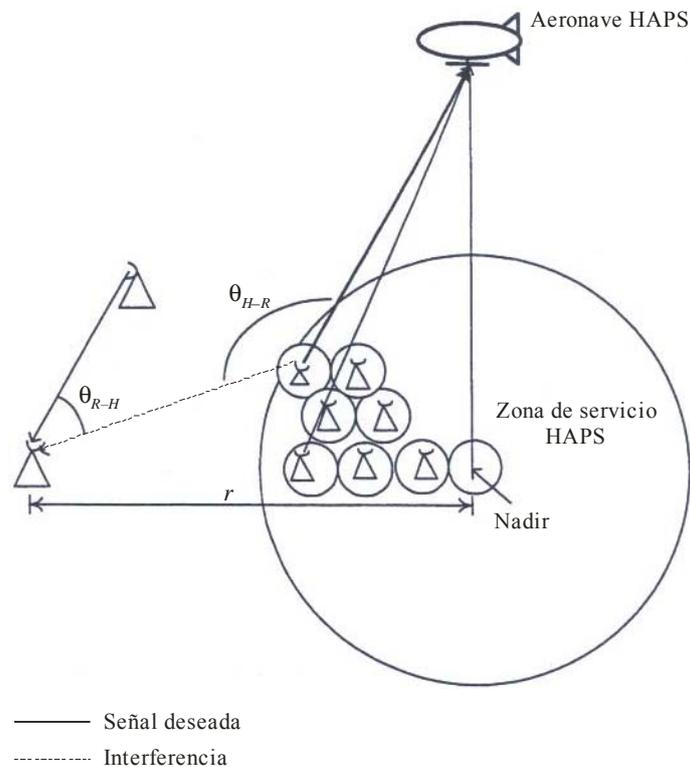
$$I_G = P_{HG} - L_{fh} + G(\theta_{H-R}) - L_b(p) + G(\theta_{R-H}) - L_{fr} \quad (3)$$

siendo:

- P_{HG} : densidad de potencia de transmisión de la estación en tierra HAPS (dB(W/MHz))
- L_{fh} : pérdidas en el alimentador de la estación en tierra HAPS (dB)
- $G(\theta_{H-R})$: ganancia de la antena transmisora de la estación en tierra HAPS para un ángulo θ_{H-R} formado por la dirección del haz principal de la estación en tierra HAPS y la dirección de la estación inalámbrica fija interferida (dBi)
- $L_b(p)$: pérdidas de transmisión básicas no rebasadas durante un porcentaje de tiempo p (%) indicado en la Recomendación UIT-R P.452
- $G(\theta_{R-H})$: ganancia de la antena receptora de la estación inalámbrica fija para un ángulo θ_{R-H} formado por la dirección del haz principal de la estación inalámbrica fija y la dirección de la estación en tierra HAPS interferente (dBi)
- L_{fr} : pérdidas en el alimentador de la estación inalámbrica fija (dB).

FIGURA 2

Entorno de interferencia causada por estaciones en tierra HAPS a estaciones inalámbricas fijas



La potencia de interferencia provocada en una estación inalámbrica fija de radioenlace por múltiples señales procedentes de estaciones en tierra HAPS puede obtenerse mediante la ecuación (4) teniendo en cuenta el mecanismo ilustrado en la Fig. 3.

En la ecuación (4) se supone que puede ignorarse la absorción atmosférica en el trayecto de propagación con visibilidad directa por debajo de 10 GHz y el modelo de propagación utilizado se basa en la Recomendación UIT-R P.452 con un porcentaje de tiempo, p , del 50%:

$$I_{G-T} = P_{HG} - L_{fh} - 92,5 - 20 \log f + 10 \log \left\{ \sum_i \sum_j \left(\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right)^{-2} 10^{\frac{G(\theta_{R-H})}{10}} 10^{\frac{G(\theta_{H-R})}{10}} \right\} - L_{fr} \quad (4)$$

donde:

f : frecuencia (GHz)

$$x_{ij} = \begin{cases} r + id & (j = \text{par}) \\ r + \frac{(2i-1)}{2}d & (j = \text{impar}) \end{cases} : x \text{ posición de la estación en tierra HAPS}$$

$y_{ij} = jd \text{ sen } 60^\circ$: y posición de la estación en tierra HAPS

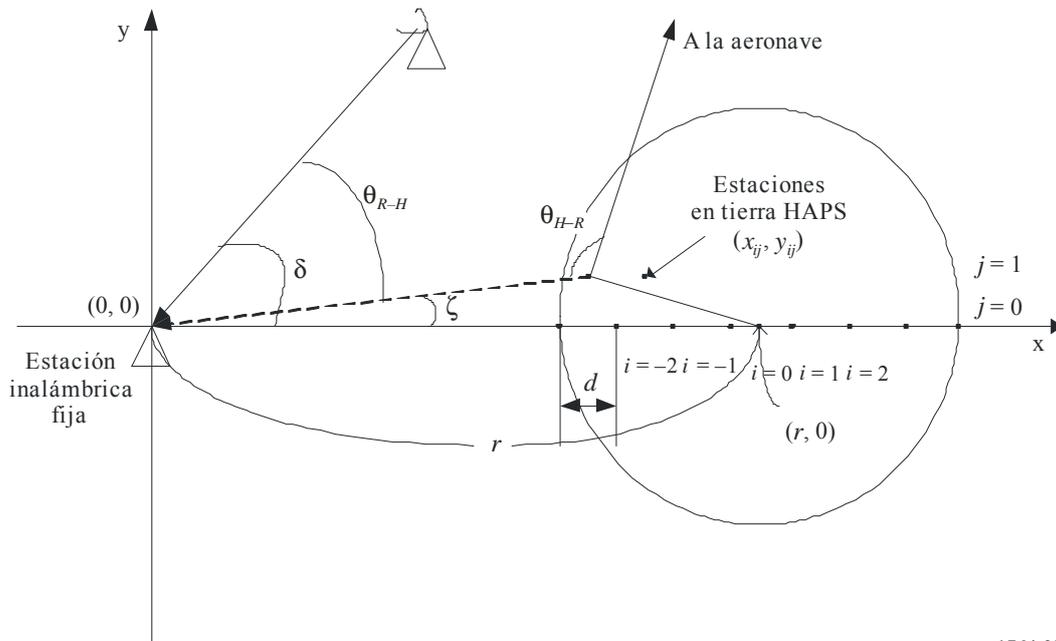
r : distancia entre la estación inalámbrica fija y el nadir de la aeronave HAPS

d : distancia entre las estaciones en tierra HAPS

i, j : emplazamiento de la célula sobre el eje x y el eje y , respectivamente.

FIGURA 3

Mecanismo para calcular la interferencia causada por las estaciones en tierra HAPS a las estaciones inalámbricas fijas



Una vez evaluado el nivel de interferencia causado a una estación inalámbrica fija, puede determinarse la relación I/N como sigue:

$$I/N = I_{G-T} - \{10 \log(k T B) + NF\} \quad \text{dB} \quad (5)$$

siendo:

k : constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ (J/K)

T : temperatura (K)

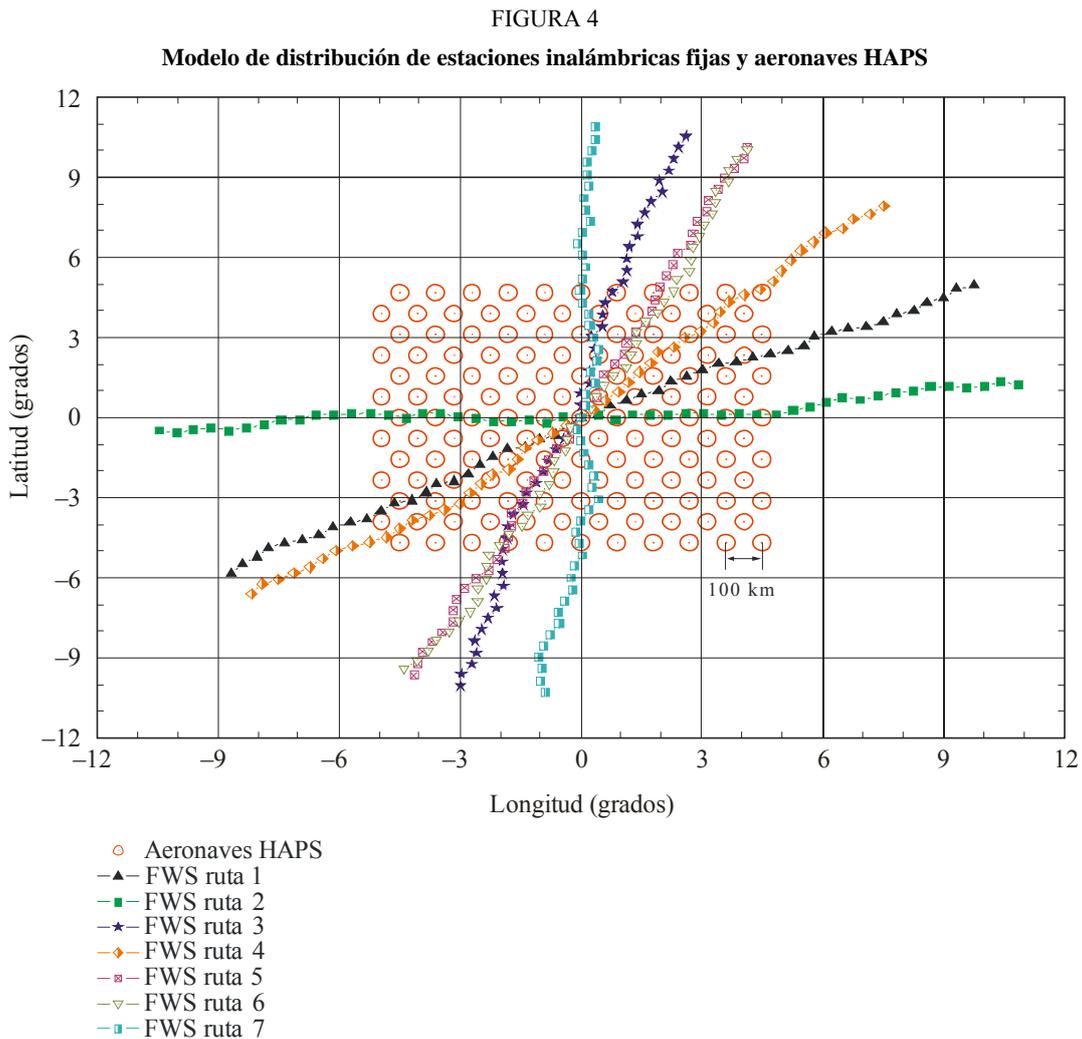
B : anchura de banda (Hz)

NF : factor de ruido de la estación inalámbrica fija (dB).

3 Ejemplo de evaluación de la interferencia causada por los sistemas HAPS a los sistemas inalámbricos fijos

3.1 Interferencia causada por las aeronaves HAPS a las estaciones inalámbricas fijas

La Fig. 4 muestra el modelo de distribución supuesto de las aeronaves HAPS y las estaciones inalámbricas fijas para la evaluación de la interferencia.



Las aeronaves HAPS en un punto fijo a una altitud de 20 km pueden cubrir una zona de servicio de 110 km de diámetro en la superficie de la Tierra (con un ángulo de elevación de 20°), de manera que el emplazamiento del nadir de la aeronave HAPS puede distribuirse uniformemente con un intervalo de 100 km considerando la superposición entre las zonas de servicio, como se representa en la Fig. 4. Se supone que las aeronaves HAPS presentan una distribución uniforme en una zona de $1\,000 \times 1\,000 \text{ km}^2$.

Se supone que las rutas interferidas de un sistema inalámbrico fijo compuesto de 50 saltos se distribuyen alineando los centros de las rutas con el centro de la distribución de las aeronaves.

El Cuadro 1 muestra los parámetros de un sistema inalámbrico fijo y de una aeronave HAPS utilizados en el cálculo. Se elige la frecuencia de 6 GHz simplemente para mostrar un ejemplo de evaluación de la interferencia. En los cálculos de evaluación de la interferencia del presente Anexo todas las coordenadas tienen en cuenta la curvatura de la Tierra.

CUADRO 1

Parámetros comunes de un sistema inalámbrico fijo y una aeronave HAPS

Parámetros		Valores
Frecuencia		6 GHz
Sistema inalámbrico fijo	Número de saltos por ruta	50
	Distancia entre saltos	50 km
	Número de rutas	600
Aeronaves HAPS	Número de aeronaves	126
	Altitud	20 km

El Cuadro 2 muestra los parámetros de un sistema inalámbrico fijo digital y de una aeronave HAPS utilizados en el cálculo. Los parámetros del sistema inalámbrico fijo para compartición de frecuencias también se basan en la Recomendación UIT-R F.758.

En las bandas donde el desvanecimiento viene determinado por los trayectos múltiples, la Recomendación UIT-R F.758 indica que, en principio, el nivel de interferencia con respecto al ruido térmico del receptor no debe rebasar el valor de -10 dB (o -6 dB). En el caso de sistemas del servicio fijo digitales, estos valores corresponden a una DCF del 10% (o el 25%), respectivamente. Sin embargo, dado que esta utilización se superpondrá a los enlaces existentes, que se han coordinado con otros sistemas, es posible que el margen del 10% ya esté agotado. Para no aumentar tal interferencia, podrá exigirse una limitación de la interferencia por debajo del 1% o 2%. No obstante, para ejemplificar el método y suponiendo que el nivel de protección requerido es del 10%, las distribuciones de la interferencia estimada causada por las aeronaves HAPS a las estaciones inalámbricas fijas digitales se muestran en las Figs. 5 y 6, con las variables dfp_{baja} y dfp_{alta} .

CUADRO 2

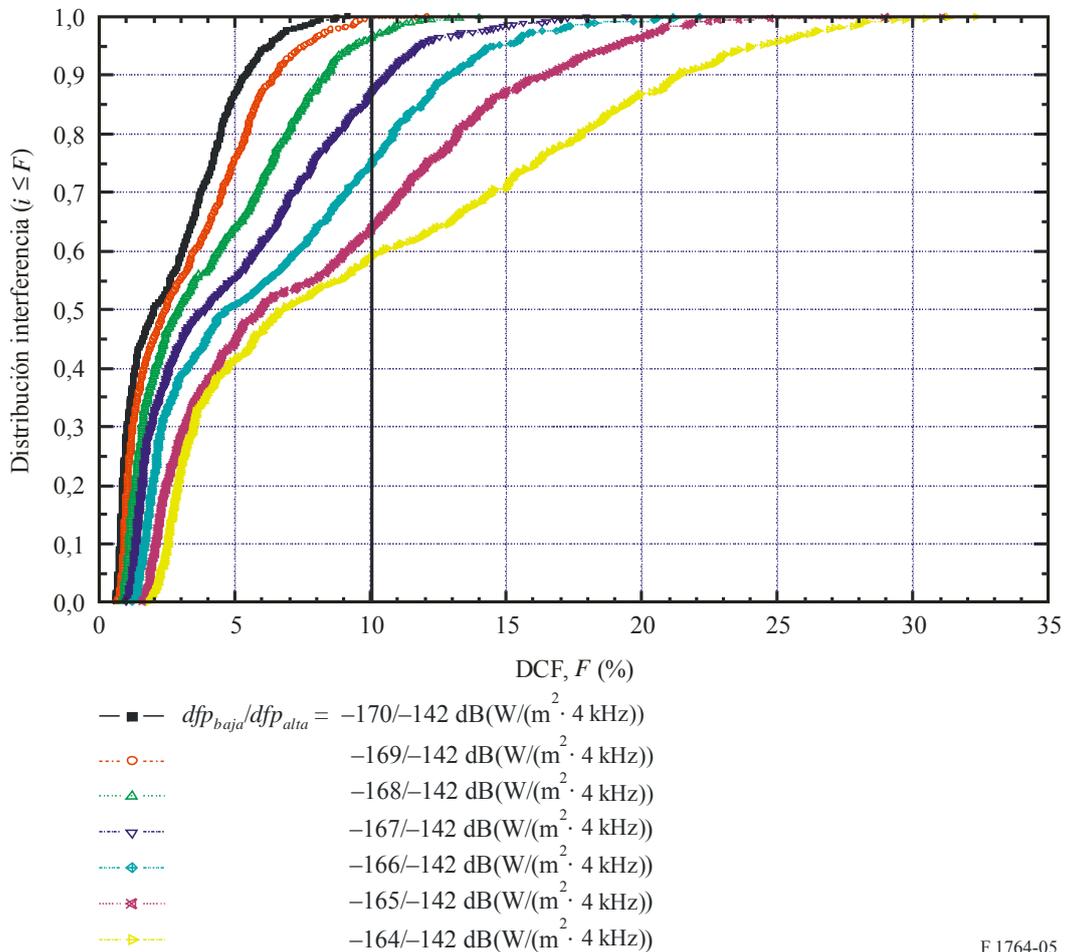
Parámetros de un sistema inalámbrico fijo digital y una aeronave HAPS

Parámetros		Especificaciones
Sistema inalámbrico fijo	Diagrama de radiación de antena	Recomendación UIT-R F.1245
	Máxima ganancia de antena	45 dB
	Pérdidas en el alimentador	5,5 dB
	Factor de ruido del receptor	4 dB
	Ángulo de elevación entre estaciones inalámbricas fijas	Distribución gaussiana
Aeronave HAPS	dfp_{baja}	-146 ~ -140 (dB(W/(m ² · MHz)))
	dfp_{alta}	-127 ~ -118 (dB(W/(m ² · MHz)))

En la Fig. 5, cuando se supone un nivel de dfp de la aeronave HAPS de -140/-118 (dB(W/(m² · MHz))), la DCF de las estaciones inalámbricas fijas sería inferior al 10% en aproximadamente el 58% de las rutas. A medida que dfp_{baja} disminuye, la interferencia experimentada también disminuye. Por ejemplo, cuando dfp_{baja} disminuye 6 dB, es decir, dfp_{baja} es -146 (dB(W/(m² · MHz))), la DCF de las estaciones inalámbricas fijas en el 100% de las rutas sería inferior al criterio de interferencia supuesto del 10%.

FIGURA 5

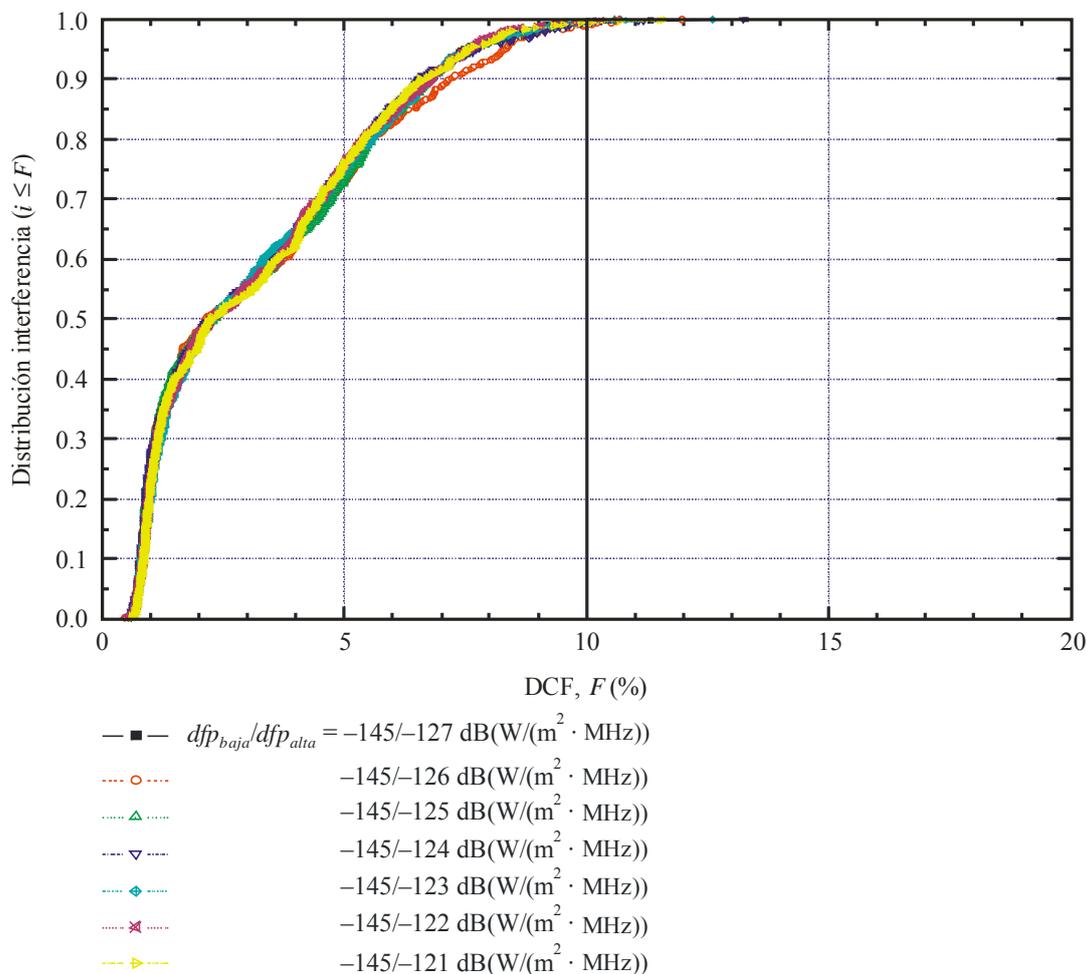
Distribución de la DCF con dfp_{baja} de las aeronaves HAPS



La Fig. 6 muestra la distribución de la interferencia con los cambios de dfp_{alta} , cuando dfp_{baja} es -145 (dB(W/(m² · MHz))). Aun cuando dfp_{alta} disminuya 6 dB del valor de -121 (dB(W/(m² · MHz))), la máxima diferencia de la distribución de la interferencia menor del 10% es sólo aproximadamente el 5%.

FIGURA 6

Distribución de la DCF con dfp_{alta} de las aeronaves HAPS



F.1764-06

3.2 Interferencia causada por las estaciones en tierra HAPS a las estaciones inalámbricas fijas

El Cuadro 3 muestra los parámetros de un sistema inalámbrico fijo y de un sistema HAPS utilizados en el cálculo.

CUADRO 3

Parámetros de un sistema inalámbrico fijo y un sistema HAPS

Parámetros		Valores
Frecuencia		6 GHz
Sistema inalámbrico fijo	Diagrama de radiación de antena	Recomendación UIT-R F.1245
	Máxima ganancia de antena	45 dBi
	Factor de ruido	4 dB
	Pérdidas en el alimentador	5,5 dB
Sistema HAPS	Diámetro de la cobertura de servicio	110 km
	Altitud de la aeronave	20 km
	Diagrama de radiación de antena de la estación en tierra	Recomendación UIT-R F.1245
	Máxima ganancia de antena de la estación en tierra	45 dBi
	Número de estaciones en tierra	367 (distribución uniforme)
	Distancia entre estaciones en tierra	5,5 km

Suponiendo que T es 293 K, B es 1 MHz, y NF es 6 dB, la potencia de ruido N es $-137,93$ (dB(W/MHz)). Si se supone un criterio de $I/N = 10\%$, la potencia de interferencia admisible, I_{G-T} , debe ser inferior a $-147,93$ (dB(W/MHz)).

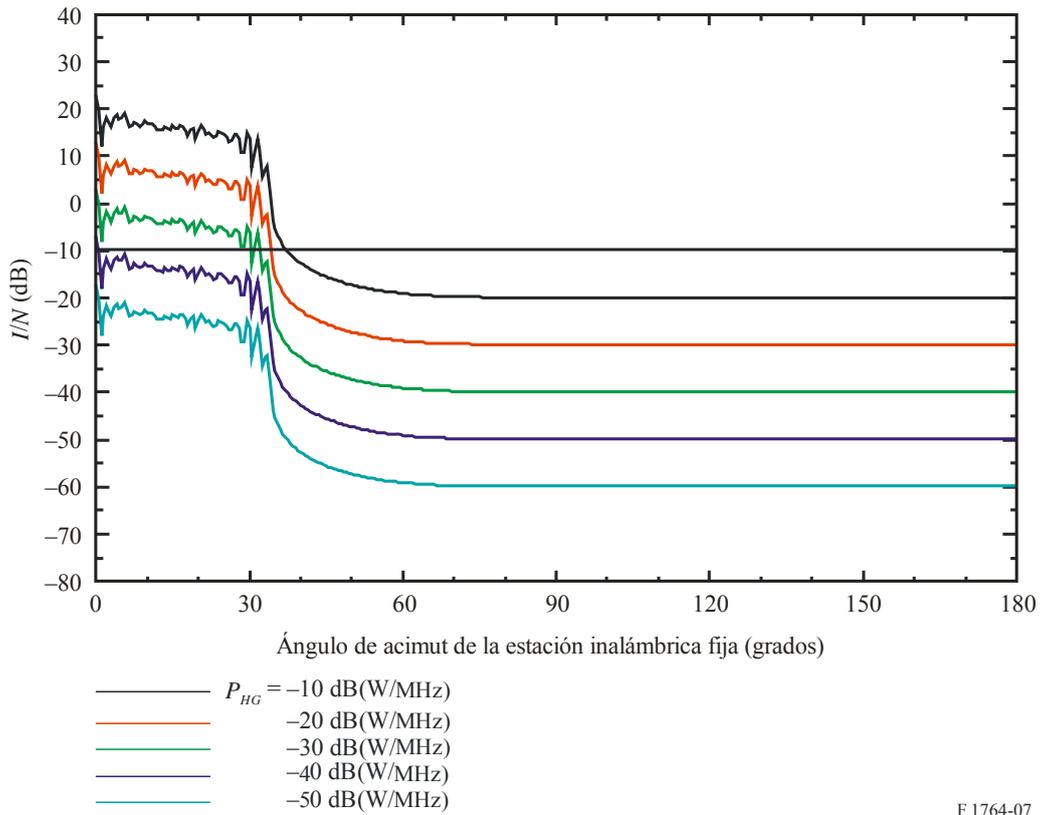
Como I_{G-T} depende de la potencia de transmisión de la estación en tierra HAPS, del ángulo entre los trayectos de la señal y de la distancia entre la estación inalámbrica fija y el nadir de la HAPS, el valor de la relación I/N con estos parámetros puede calcularse a partir de la ecuación (8).

La Fig. 9 muestra los valores de I/N según la potencia de transmisión, P_{HG} , para cada ángulo acimutal, δ , cuando la distancia r es 100 km. De esta figura se deduce que la potencia de interferencia resulta afectada por la potencia de transmisión de la estación en tierra HAPS y cuando P_{HG} es -50 (dB(W/MHz)), I/N no debe rebasar -10 dB para todos los ángulos de acimut.

Las Figs. 8 y 9 muestran la distancia de separación entre la estación inalámbrica fija y el nadir de la aeronave HAPS. La máxima distancia de separación es necesaria para un ángulo de acimut δ de 0° . Cuando el radio de la cobertura HAPS es 55 km la potencia de transmisión de la estación en tierra HAPS, P_{HG} , es -50 (dB(W/MHz)), la distancia de separación necesaria para la compartición entre las estaciones inalámbricas fijas y las estaciones terrenas HAPS va de 56 km a 73 km.

FIGURA 7

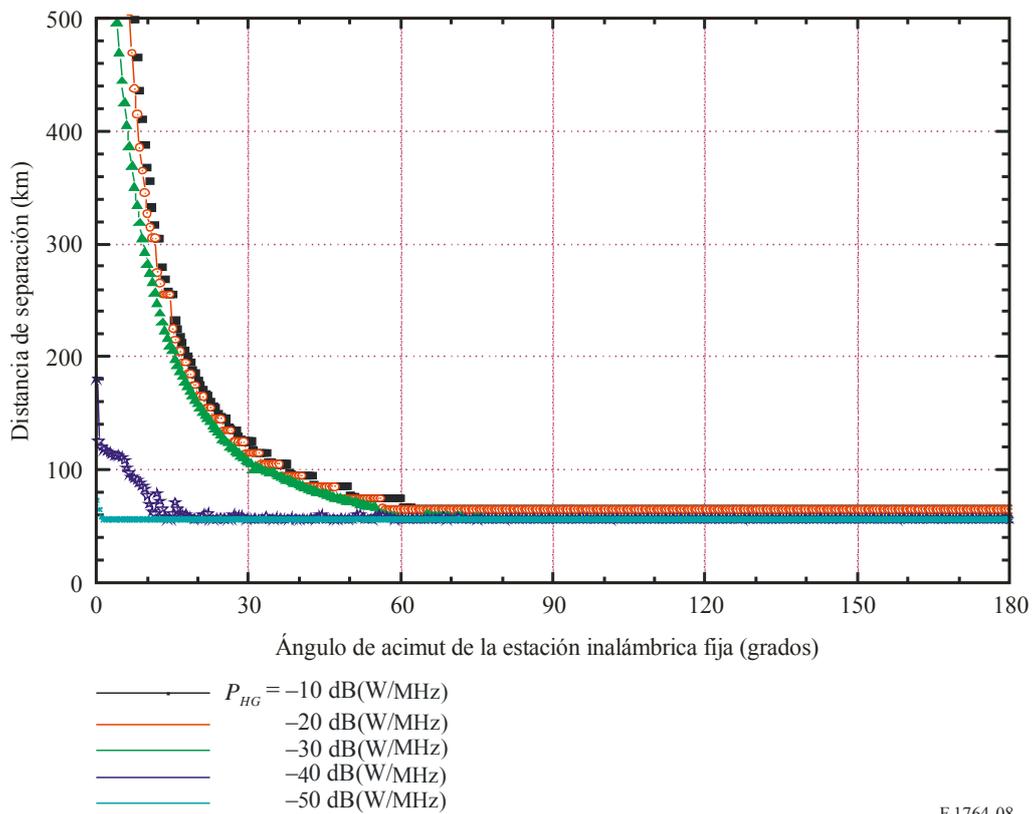
I/N según la potencia de transmisión, P_{HG}



F.1764-07

FIGURA 8

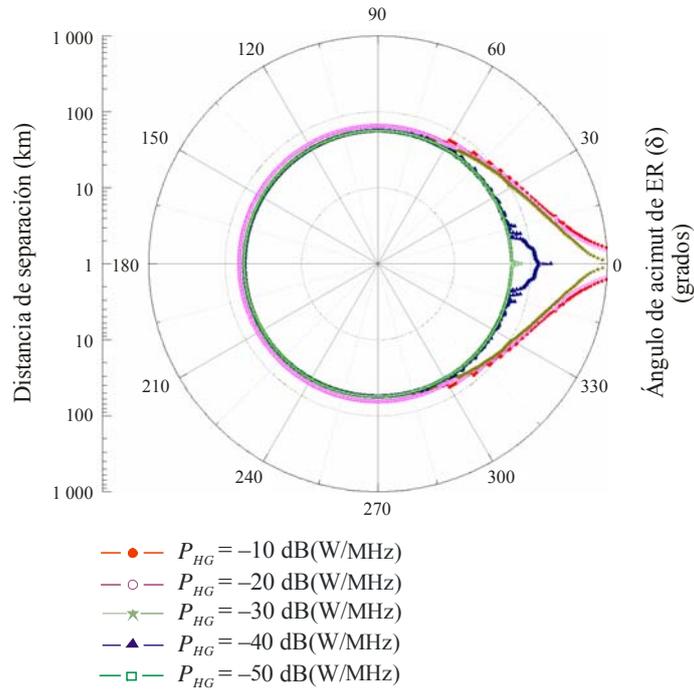
Distancia de separación entre una estación inalámbrica fija y el nadir de una aeronave HAPS en función de la potencia de transmisión de las estaciones en tierra HAPS



F.1764-08

FIGURA 9

Distancia de separación entre una estación inalámbrica fija y el nadir de una aeronave HAPS (Gráfico polar)



F.1764-09

4 Resumen

Este Anexo muestra un método para evaluar la interferencia causada por los enlaces de usuario de un sistema HAPS a un sistema inalámbrico fijo y presenta un ejemplo de evaluación de la interferencia para 6 GHz. Se ha supuesto esta frecuencia solamente como ejemplo para evaluar la interferencia.

La interferencia causada por las aeronaves HAPS a las estaciones inalámbricas fijas se evalúa tomando como variables los niveles de dfp de una aeronave HAPS sobre la superficie de la Tierra. El modelo utiliza una degradación de la calidad de funcionamiento fraccional de extremo a extremo del 10% a lo largo de 50 saltos. Sin embargo, al tener que proteger cada uno de los saltos individualmente, los criterios de protección se han de basar en la protección I/N de cada receptor víctima. Además, se han de adoptar los criterios adecuados, dado que el servicio HAPS se superpondrá en una banda que ya está muy ocupada.

La interferencia provocada por las estaciones en tierra HAPS a una estación inalámbrica fija se evalúa en términos de I/N y se calcula la distancia de separación necesaria para la compartición en función del ángulo acimutal.