

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SF.1602
(02/2003)

Metodología para determinar las estadísticas de la densidad de flujo de potencia que se utilizan en los estudios de compartición entre sistemas inalámbricos del servicio fijo y satélites múltiples del servicio fijo por satélite

Serie SF
Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del 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 SF.1602*

Metodología para determinar las estadísticas de la densidad de flujo de potencia que se utilizan en los estudios de compartición entre sistemas inalámbricos del servicio fijo y satélites múltiples del servicio fijo por satélite

(2003)

Cometido

En algunos ángulos de elevación sobre la superficie de la Tierra, la densidad de flujo de potencia producida por un satélite puede ser inferior a los valores restrictivos que se exigen para la conformidad con una determinada máscara de dfp a causa de las limitaciones de los diagramas de ganancia de la antena real y la necesidad de evitar la autointerferencia. En esta Recomendación se facilita un método para determinar las estadísticas de densidad de flujo de potencia producida en la superficie de la Tierra por los satélites de las órbitas OSG y no OSG.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario asegurar que las emisiones procedentes de los satélites no rebasen la interferencia admisible en sistemas inalámbricos fijos (FWS) en las bandas compartidas entre el servicio fijo y el SFS;
- b) que los FWS pueden protegerse adecuadamente contra las emisiones combinadas procedentes de múltiples satélites (constelaciones no OSG o arco de la OSG plenamente poblado) imponiendo límites adecuados a la densidad de flujo de potencia (dfp) en una anchura de banda de referencia producida por cada uno de los satélites en la superficie de la Tierra;
- c) que toda limitación de la dfp producida en la superficie de la Tierra no debe imponer restricciones indebidas al diseño de los sistemas del SFS con satélites OSG y no OSG;
- d) que las Recomendaciones UIT-R SF.1482 y UIT-R SF.1483 dan valores máximos admisibles de la dfp en la superficie de la Tierra producida por satélites no OSG del SFS para proteger al servicio fijo en las bandas de 10,7-12,75 GHz y 17,7-19,3 GHz, respectivamente;
- e) que los niveles de la dfp especificados en las Recomendaciones mencionadas en el *considerando* d) se elaboraron a partir de un análisis de contorno de la dfp utilizado para calcular las estadísticas de niveles de potencia combinada recibidos en una estación del servicio fijo, aplicando los niveles de la dfp en consideración a cada satélite visible de la constelación del SFS no OSG;
- f) que al considerar un entorno de múltiples satélites, tal como el de una constelación no OSG o de un arco OSG plenamente poblado, todos los satélites visibles pueden no radiar simultáneamente el límite máximo de la dfp en la dirección del sistema del servicio fijo en consideración,

* Las Comisiones de Estudio 4 y 5 de Radiocomunicaciones aportaron, en septiembre de 2011 y noviembre de 2010, respectivamente, modificaciones formales a esta Recomendación, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

recomienda

1 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 1 para determinar las estadísticas de la dfp que se utilizan en los estudios de compartición entre los FWS y satélites múltiples del SFS, teniendo en cuenta las características de los sistemas de satélite.

Anexo 1

Metodología para determinar las estadísticas de la densidad de flujo de potencia que se utilizan en los estudios de compartición entre sistemas inalámbricos del servicio fijo y satélites múltiples del servicio fijo por satélite

1 Introducción

Este Anexo presenta una metodología estadística relativa al efecto de los satélites no OSG y OSG en los FWS. Tiene en cuenta características realistas de los satélites y se pretende su utilización como orientación en los análisis de compartición entre los sistemas del servicio fijo y de los servicios por satélite.

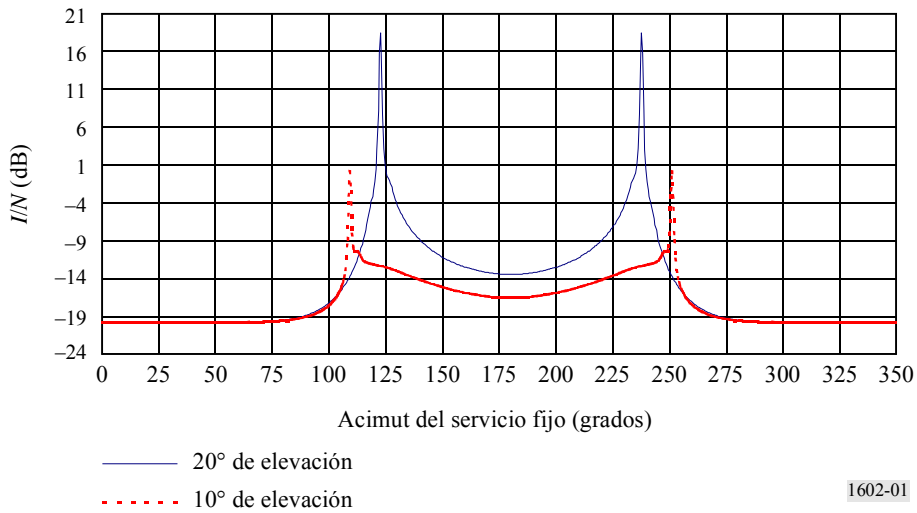
Debe también señalarse que las Recomendaciones UIT-R SF.1482 y UIT-R SF.1483 que tratan de los valores máximos admisibles de la dfp en la superficie de la Tierra producidos por satélites no OSG del SFS para proteger al servicio fijo ofrecen unos antecedentes generales para esta metodología.

2 Análisis del contorno de la dfp

La metodología actual para evaluar el contorno de la dfp utilizado en los sistemas de satélite OSG o no OSG, tal como el de las mencionadas Recomendaciones UIT-R SF.1482 y UIT-R SF.1483, combina la interferencia procedente de todos los satélites visibles para el servicio fijo, utilizando un contorno de dfp reglamentario, tal como el que se define en el Artículo 21 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

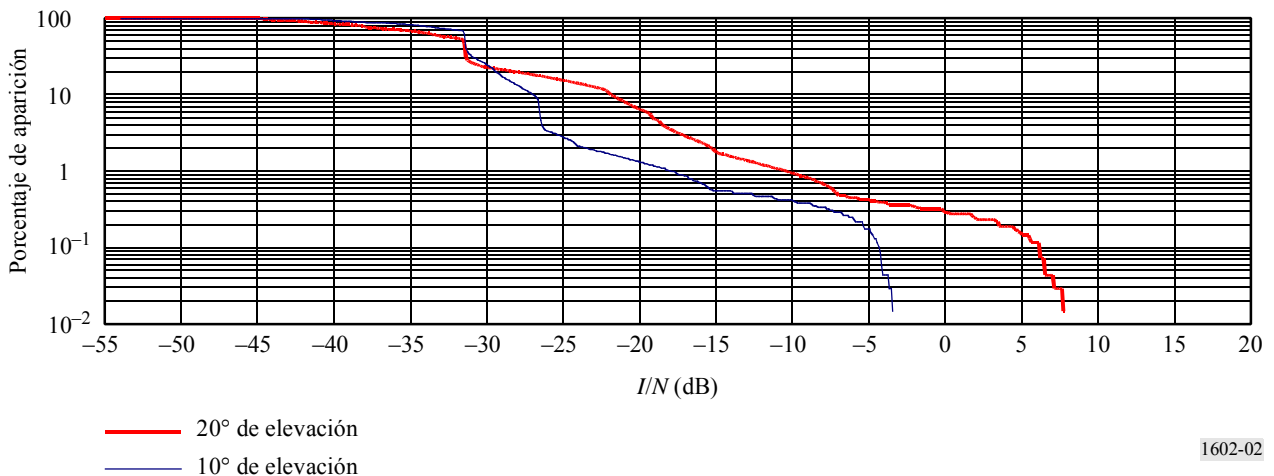
En una aplicación típica de esta metodología para el caso de satélites OSG, el arco OSG está lleno de un número determinado de satélites (por ejemplo, 1 cada 4°) que producen interferencia permanente. La Fig. 1 muestra resultados representativos de la aplicación de esta metodología, para todos los acimutes del servicio fijo.

FIGURA 1
Interferencia producida por un satélite OSG



Para el caso de sistemas no OSG, y sobre la base de las características de cada una de las constelaciones (número de satélites, número de planos, inclinación(es), altitud, ...), se calculan las estadísticas de los niveles teóricos de la potencia combinada recibida en una estación del servicio fijo, aplicando los límites de la dfp en consideración a cada satélite visible de la constelación del SFS no OSG (véase la Recomendación UIT-R F.1108). En una aplicación típica de esta metodología, se calcula la distribución de la interferencia para el acimut del servicio fijo (y para un único ángulo de elevación) que representa el caso más desfavorable de constelación, lo que se traduce en la distribución del nivel de interferencia en función del porcentaje de tiempo, tal como la que se indica en la Fig. 2.

FIGURA 2
Distribución de la interferencia producida por un sistema no OSG



Esta metodología se ha utilizado generalmente como base de los estudios de compartición entre servicios. Ofrece la ventaja de un cálculo sencillo, aunque también sobreestima la interferencia real que pueden sufrir las estaciones del servicio fijo.

En relación con las características del SFS, el análisis supone que todos los satélites visibles radian simultáneamente con los niveles máximos de la dfp en la dirección del sistema del servicio fijo en consideración. Dicha hipótesis no tiene en cuenta los diagramas de antena de satélites reales, las limitaciones de potencia de cada satélite o las restricciones que la autointerferencia (como resultado de la reutilización de frecuencias) impondrá a un sistema del SFS, así como las restricciones operativas fundamentales de los sistemas del SFS).

La metodología descrita en el § 3 ofrece un enfoque estadístico para acomodar las características operativas del SFS.

3 Análisis de la dfp y modelos de satélite

Esta metodología tiene en cuenta diagramas realistas de antena de satélite, las limitaciones de potencia de cada satélite y las restricciones que la autointerferencia impondrá a un sistema del SFS no OSG, así como las restricciones operativas fundamentales de los sistemas del SFS no OSG.

Esta metodología supone que, en un entorno de múltiples satélites, todos los satélites visibles desde un punto determinado sobre la Tierra no producen simultáneamente el valor máximo de la dfp permitido por un contorno.

Los parámetros necesarios para establecer un modelo preciso de la dfp producida por un determinado satélite (potencia máxima, número de haces, ganancia de antena y diagrama de antena) figuran generalmente en los textos del UIT-R. A continuación se ofrece un modelo analítico de alguno de los posibles parámetros de un sistema del SFS OSG y de uno del SFS no OSG.

Los valores de dichos parámetros dependen de la banda de frecuencias considerada y del tipo de satélite (OSG o no OSG). Es posible deducir una ecuación general que los relacione entre sí.

En el haz principal, para satélites con cobertura de haz único que puede realizarse en ciertas bandas de frecuencia, la potencia radiada por el satélite necesaria para producir la dfp máxima en el haz principal es:

$$P_s = dfp_m - G_s + 10 \log(4\pi d^2) \quad (1)$$

siendo:

- P_s : densidad de potencia del satélite (dB(W/MHz))
- dfp_m : valor máximo del contorno de la dfp
- G_s : ganancia de la antena del satélite (dBi)
- d : distancia entre el satélite y su punto subsatelital (m).

No obstante, en bandas de frecuencia elevada, tales como las de 20/30 GHz o 40/50 GHz, la mayoría de los satélites desplegarán muy probablemente haces múltiples con ganancias de antena elevada, transmitiendo por varios canales. En este caso, la densidad de potencia de cada haz individual puede calcularse mediante la expresión:

$$P_{ds} = 10 \log \left(\frac{P_f}{BW_f} \right) = 10 \log \left(\frac{\frac{P_{tot}}{N' \times N}}{\frac{BW_{tot}}{N'}} \right) = 10 \log \left(\frac{P_{tot}}{N \times BW_{tot}} \right) \quad (2)$$

siendo:

- P_{ds} : densidad de potencia del satélite por haz (dB(W/MHz))
- P_f : potencia por haz (W)

- BW_f : anchura de banda del haz (MHz)
 P_{tot} : potencia total radiada disponible en el satélite (W)
 BW_{tot} : anchura de banda total del satélite (MHz)
 N' : número de canales de frecuencia en la BW_{tot}
 N : número de haces cofrecuencia.

Sobre esta base, las ecuaciones (1) y (2) permiten obtener la ecuación general siguiente:

$$G_b = dfp_m - 10 \log \left(\frac{P_{tot}}{N \times BW_{tot}} \right) + 10 \log (4\pi d^2)$$

lo cual da:

$$G_b = dfp_m - 10 \log(P_{tot}) + 10 \log(N) + 10 \log(BW_{tot}) + 10 \log(4\pi d^2) \quad (3)$$

siendo:

- G_b : ganancia de antena del haz (dBi)
 dfp_m : valor máximo del contorno de la dfp (dB(W/(m² · MHz)))
 P_{tot} : potencia radiada total disponible en el satélite (W)
 N : número de haces cofrecuencia
 BW_{tot} : anchura de banda total del satélite (MHz)
 d : distancia desde el satélite hasta el centro de su zona de puntería (m).

Por tanto, basándose en esta ecuación (3) y utilizando los valores típicos existentes que figuran generalmente en los textos del UIT-R, es posible definir modelos simples de satélite que pueden utilizarse en los estudios de compartición entre el SFS y los servicios terrenales.

Como ejemplo, y a fin de facilitar la comprensión de la metodología presentada en este Anexo, se consideran los ejemplos de modelos de satélites indicados a continuación, en los que se supone la congruencia con la ecuación (3) (nivel de la dfp correspondiente a un ángulo de elevación elevado de -105 dB(W/(m² · MHz))):

Satélites geoestacionarios:

Modelo GEO1:

- ganancia de la antena del haz: 60 dBi
- número de haces cofrecuencia: 6
- potencia total transmitida (para todos los haces): 3,5 kW
- anchura de banda total: unos 1 000 MHz

Modelo GEO2:

- ganancia de la antena del haz: 55 dBi
- número de haces cofrecuencia: 4
- potencia total transmitida (para todos los haces): 3,5 kW
- anchura de banda total: unos 500 MHz

Satélites no OSG (se supone una altitud de 10 000 km):*Modelo MEO1:*

- ganancia de la antena del haz: 50 dBi
- número de haces cofrecuencia: 4
- potencia total transmitida (para todos los haces): 1,1 kW
- anchura de banda total: unos 700 MHz

Modelo MEO2:

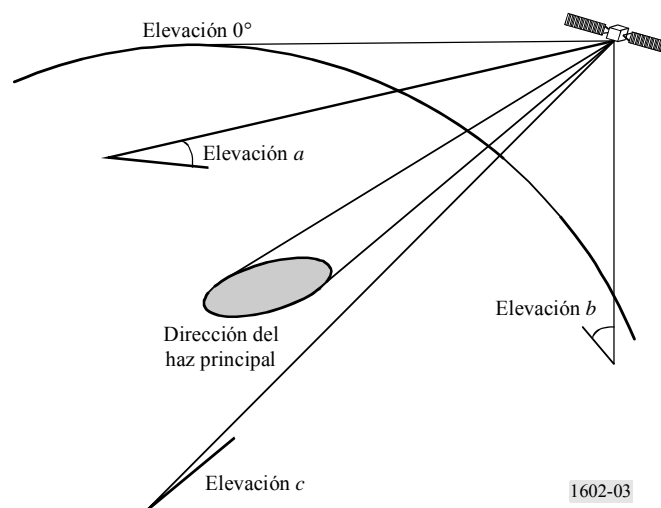
- ganancia de la antena del haz: 45 dBi
- número de haces cofrecuencia: 3
- potencia total transmitida (para todos los haces): 1,1 kW
- anchura de banda total: unos 300 MHz

4 Distribución de la dfp**4.1 Principios**

Como se ha señalado anteriormente la dfp producida por un satélite determinado en un punto cualquiera de la superficie de la Tierra depende de la potencia transmitida, de la ganancia de la antena y del diagrama de antena.

Además, tal como se representa en la Fig. 3, la dfp máxima disponible en el haz principal está controlada principalmente por el límite reglamentario de la dfp y el diagrama de antena. En muchos casos, dependiendo de la elevación de la puntería del satélite, la dfp del haz principal es inferior a la que viene dada por el contorno de la dfp, a fin de quedar dentro del contorno para una elevación inferior (tal como para las elevaciones *a* y *c* de la Fig. 3).

FIGURA 3



1602-03

Además, tal como se describe en las Figs. 4 y 5, un satélite visto desde un punto determinado A en la Tierra con una elevación x , no produce generalmente un valor constante de la dfp en el punto A. El nivel de la dfp recibida en el punto A varía según la dirección de puntería del haz del enlace descendente del satélite y puede también variar con la carga de tráfico. No obstante, esta última característica no se tiene en cuenta en esta metodología.

FIGURA 4

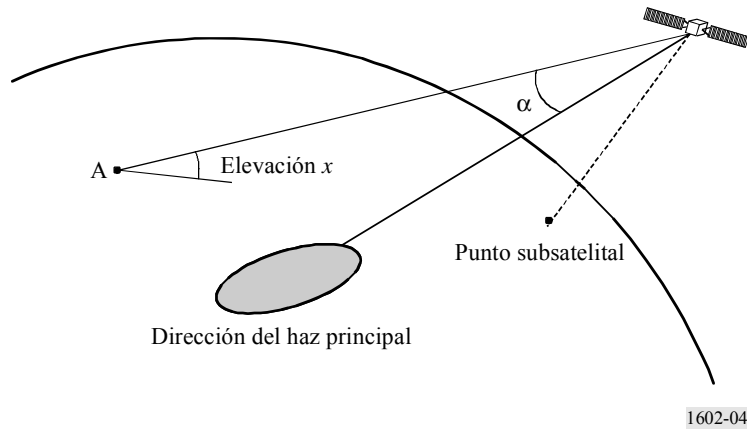
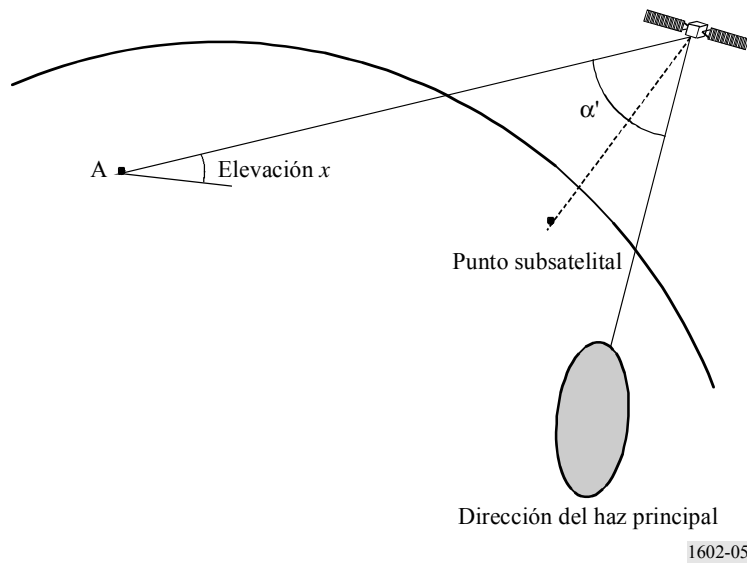


FIGURA 5



En la Fig. 4, puede verse que la dirección de puntería del haz del satélite es próxima al punto A y que el ángulo de discriminación de la antena, α , es relativamente pequeño, por otro lado, en la Fig. 5, la dirección de puntería del haz del satélite es diferente y el ángulo de discriminación de la antena, α' , es superior a α . Además, y como se ha explicado anteriormente, la dfp del haz principal de estos dos ejemplos puede ser distinta.

Por tanto, la dfp producida en un punto A puede ser diferente, aun cuando el satélite esté exactamente en la misma posición.

La dfp radiada en el punto A puede calcularse fácilmente de la siguiente manera:

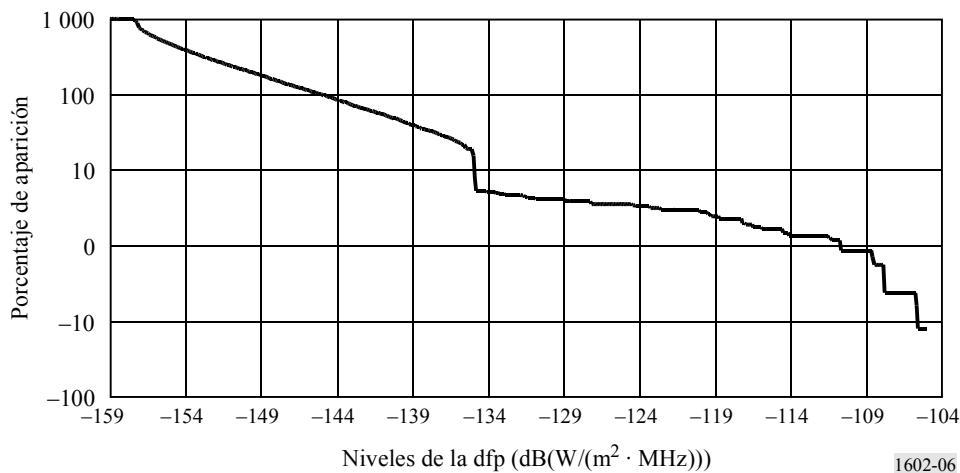
$$dfp_A = dfp_{mb} + L_{mb} - G_{m\acute{a}x} + G_{discr} - L_A \quad (4)$$

siendo:

- dfp_A : dfp radiada en el punto A (dB(W/MHz))
- dfp_{mb} : dfp radiada en el haz principal (dB(W/MHz))
- L_{mb} : pérdidas en el espacio libre entre el satélite y el centro de su haz en la superficie de la Tierra (dB)
- $G_{m\acute{a}x}$: ganancia máxima de la antena de satélite (dBi)
- G_{discr} : ganancia relativa de la antena en la dirección del punto A (dBi)
- L_A : pérdidas en el espacio libre entre el satélite y el punto A (dB).

Sobre esta base, y variando la dirección de puntería del satélite en todas las direcciones posibles desde su posición, es posible determinar la distribución de los valores de la dfp que produce el satélite para una elevación determinada, como se describe en la Fig. 6.

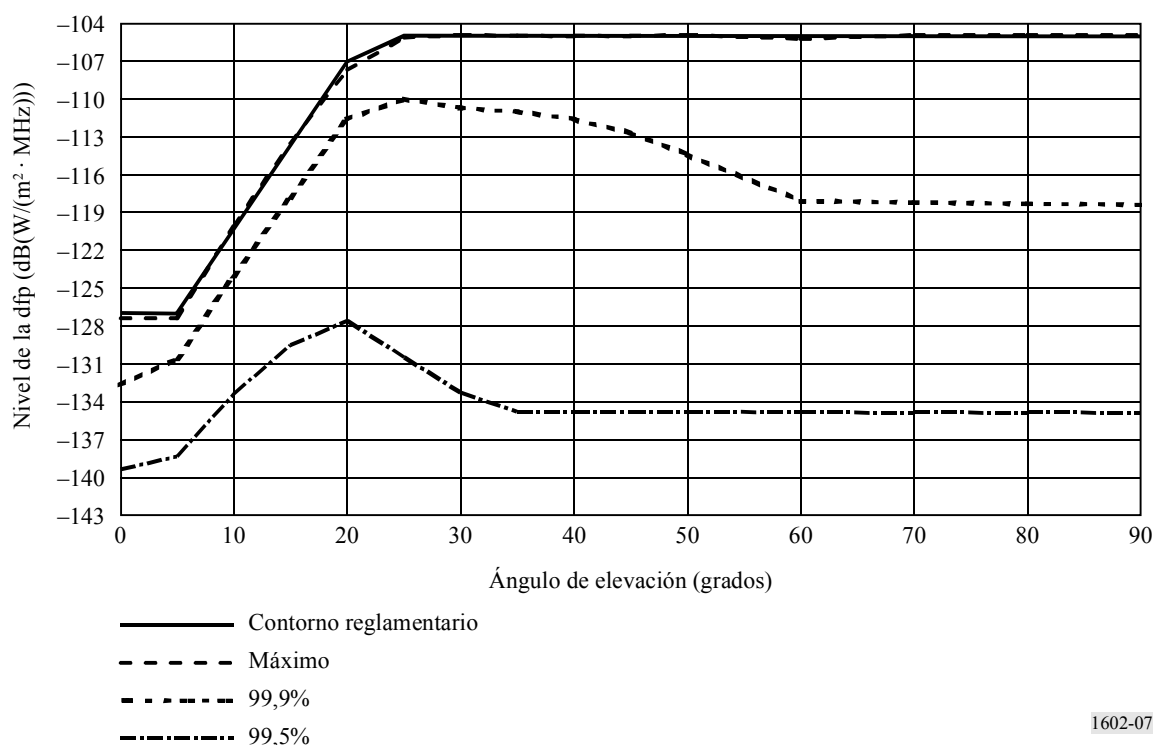
FIGURA 6
Distribuciones de la dfp a 30° de elevación para el modelo GEO1 (haz múltiple de 60 dBi)



Además, considerando todos los ángulos de elevación para un caso determinado (véase el cálculo en el Apéndice 1), es posible establecer un contorno de la dfp del caso más desfavorable combinando el máximo de cada distribución y comparándolo, tal como se hace en la Fig. 7, con el contorno reglamentario de la dfp.

También es posible, como en la Fig. 7, trazar un contorno de la dfp combinada similar que represente un porcentaje determinado (por ejemplo, del 99,9% y del 99,5% de los casos).

FIGURA 7
Contornos de la dfp combinada para el modelo GEO1
(haz múltiple de 60 dBi)



1602-07

4.2 Modelos de antena

4.2.1 Modelos de satélite de haz único

Para un satélite de haz único, las Figs. 4 y 5 anteriores ofrecen una representación adecuada de la situación, aunque la dfp resultante depende del diagrama de antena supuesto.

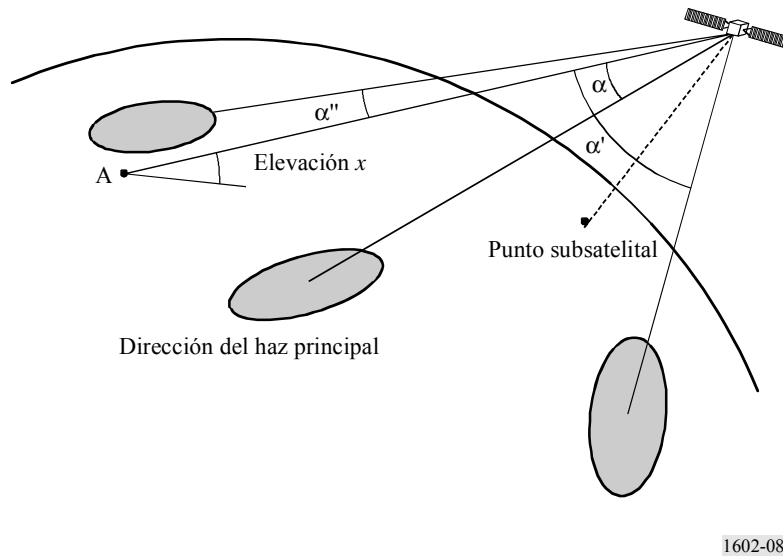
La Recomendación UIT-R S.672 ofrece diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios. Para los satélites no OSG, no hay una Recomendación general de este tipo, si bien la Recomendación UIT-R S.1528 ofrece diagramas para satélites no OSG por debajo de 30 GHz y orientaciones en el caso de las bandas por encima de 30 GHz.

Hay que señalar que el modelo de satélite de haz único puede no ser adecuado para todas las bandas de frecuencia.

4.2.2 Modelos de satélite de haz múltiple

Para los modelos de satélite de haz múltiple, tales como los modelos GEO o MEO descritos en el § 3 anterior, la representación de la situación es distinta, pues en este caso se ha de tener en cuenta la repercusión combinada de todas las antenas, tal como se representa en la Fig. 8.

FIGURA 8



El valor de la dfp en el punto A es la combinación de los valores de la dfp producidos por cada antena de haz simple en la dirección del punto A, teniendo cada una, una discriminación de antena específica (α , α' o α'' en el ejemplo anterior).

Sobre la base del contorno reglamentario de la dfp, este valor de la dfp radiada hacia el punto A puede calcularse de la siguiente manera:

$$dfp_A = \sum_{j=1}^N (dfp_{mbj} + L_{mbj} - G_{m\acute{a}x} + G_{discrij} - L_A) \quad (5)$$

siendo:

- dfa_A : dfp radiada hacia el punto A (dB(W/(m² · MHz)))
- N : número de haces cofrecuencia por satélite
- dfp_{mbj} : dfp radiada en el haz principal j (dB(W/(m² · MHz)))
- L_{mbj} : pérdidas en el espacio libre entre el satélite y el centro del haz puntual j en la superficie de la Tierra (dB)
- $G_{m\acute{a}x}$: ganancia máxima de la antena del satélite (dBi)
- $G_{discrij}$: ganancia relativa de la antena en la dirección del punto A para el haz j (dBi)
- L_A : pérdidas en el espacio libre entre el satélite y el punto A (dB).

Como se supone que estos haces tienen la misma frecuencia y, debido a los aspectos de autointerferencia, sus haces principales no darán cobertura a la misma zona al mismo tiempo.

Por tanto, excepto en algunos casos (cuando ninguno de los haces principales da cobertura al punto A) en los que la dfp combinada sólo está producida por lóbulos laterales alejados de todos los haces principales, esta dfp combinada estará dominada por un haz en cada momento.

En lugar de realizar cálculos complicados en que intervengan escenarios de haces múltiples, la dfp en el punto A puede aproximarse considerando un haz único, de la siguiente manera:

$$dfp_A = dfp_{mb} + L_{mb} - G'_{m\acute{a}x} + G'_{discrij} - L_A \tag{6}$$

siendo:

- dfp_A : dfp radiada en el punto A (dB(W/(m² · MHz)))
- dfp_{mb} : dfp radiada en el haz principal (dB(W/(m² · MHz)))
- L_{mb} : pérdida en el espacio libre entre el satélite y el centro del haz puntual j , en la superficie de la Tierra (dB)
- $G'_{m\acute{a}x}$: ganancia máxima combinada de la antena del satélite (dBi)
- $G'_{discrij}$: ganancia combinada relativa de la antena en la dirección del punto A para el haz j (dBi)
- L_A : pérdidas en el espacio libre entre el satélite y el punto A (dB)

y en donde el diagrama combinado de la antena, G' , representa el diagrama de una antena única G más el efecto de la ganancia fuera del eje $G_{offaxis}$ de las otras N antenas de satélite. Se define de la siguiente manera:

$$G' = 10 \log \left(\frac{G}{10^{10}} + N \times 10 \frac{G_{offaxis}}{10} \right) \tag{7}$$

Como ejemplo, y suponiendo una ganancia de antena fuera del eje de 0 dBi, el diagrama de antena resultante utilizando para los modelos de satélite multihaz GEO1 (ganancia de antena de 60 dBi) o MEO2 (ganancia de antena de 45 dBi) se describen en las Figs. 9a y 9b.

FIGURA 9a
Antena GEO de 60 dBi ($L_s = 30$)

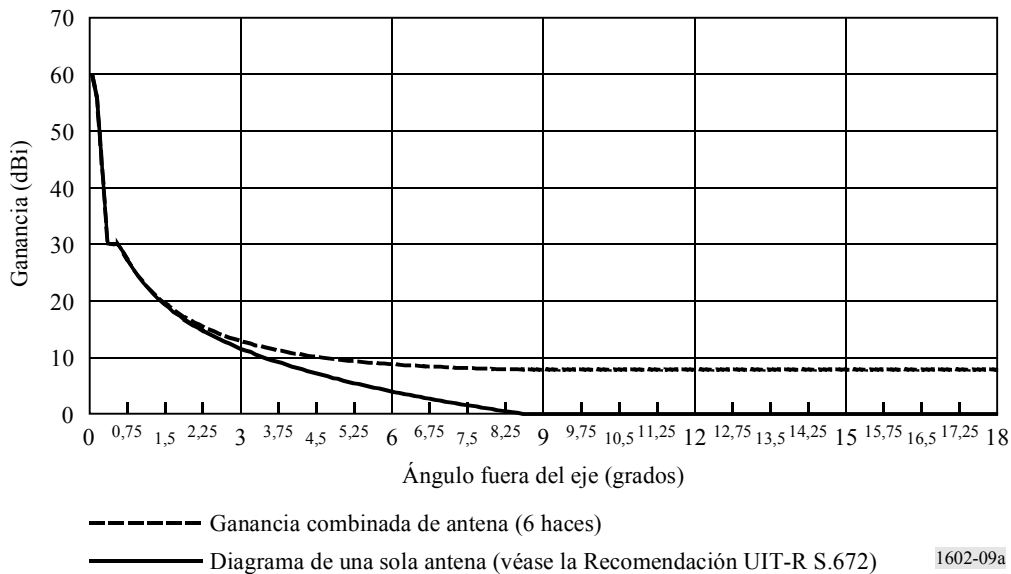
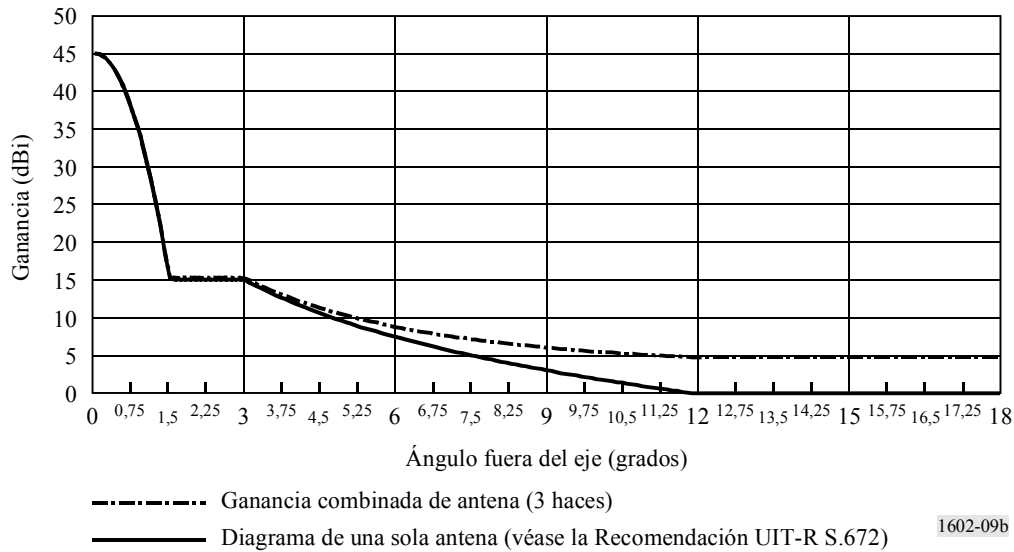


FIGURA 9b

Antena MEO de 45 dBi ($L_s = 30$)

1602-09b

Por último, una vez calculada la distribución de la dfp, tal como la que se da en la Fig. 6, para un haz sobre la base del diagrama combinado de antena, puede deducirse la distribución de la dfp para los N haces del satélite de la siguiente manera:

$$p' = 1 - (1 - p)^N \quad (8)$$

siendo:

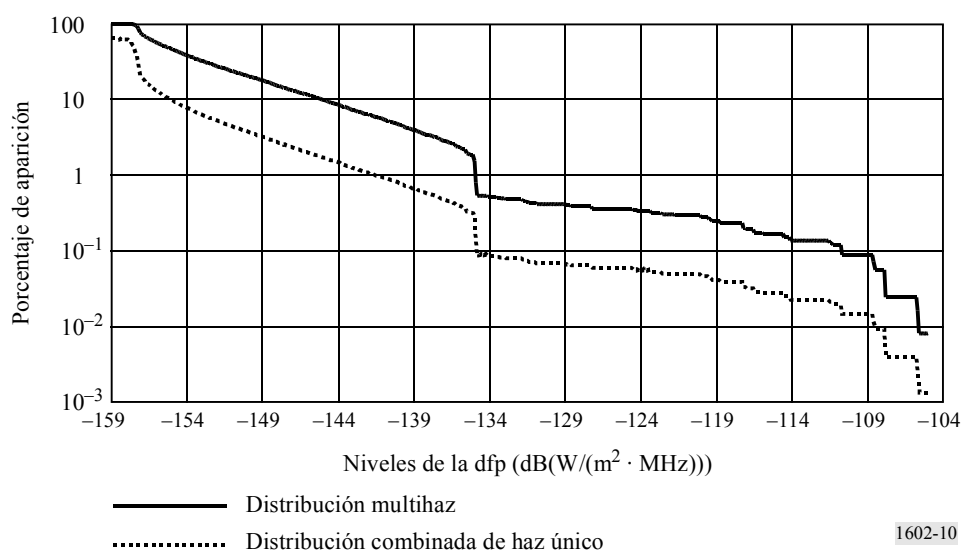
- p : probabilidad de un nivel de la dfp radiado en el punto A para un haz
- p' : probabilidad de un nivel de la dfp radiado en el punto A para todos los haces
- N : número de haces cofrecuencia por satélite.

NOTA 1 – La ecuación (8) suele utilizarse para acontecimientos independientes lo que, no obstante, no es el caso de N diagramas de antena combinados. En este ejemplo, se tiene en cuenta la dependencia de estos haces mediante la utilización de un diagrama combinado de antena que se expresa en las ecuaciones (6) y (7). Pueden aplicarse a esta metodología otros modelos de dependencia.

Sobre esta base, la Fig. 10 siguiente describe la distribución de la dfp calculada para un haz único (utilizando un diagrama combinado de antena) y otra calculada para haces múltiples utilizando la ecuación (8) anterior, que se obtiene variando la dirección de puntería de los haces del satélite en todas las direcciones posibles.

FIGURA 10

**Distribuciones de la dfp a 30° de elevación para el modelo GEO1
(6 haces cofrecuencia de 60 dBi)**



4.3 Ángulo mínimo de elevación de la puntería

Dependiendo de la banda de frecuencias considerada, la atenuación debida a la lluvia o a otras restricciones técnicas puede repercutir en el diseño del satélite, lo que puede hacer que los sistemas no se diseñen para ángulos de elevación reducidos.

El ángulo de elevación mínimo tiene un efecto significativo en las condiciones de compartición entre el SFS y el servicio fijo, puesto que todas las estaciones del servicio fijo que apunten a un satélite con un ángulo de elevación menor que la elevación operativa mínima del satélite no sufrirán la interferencia de haz principal a haz principal.

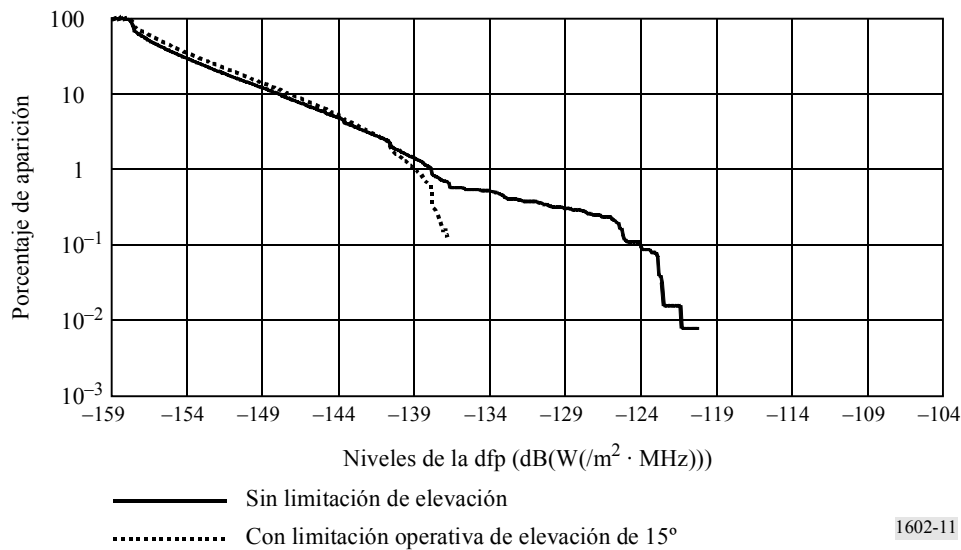
Como ejemplo de ello, la Fig. 11 ofrece una comparación de dos distribuciones de la dfp, en la que una tiene en cuenta una limitación operativa de elevación de 15° para el satélite del SFS OSG y la otra no tiene limitación de elevación. Esta Figura muestra una diferencia de más de 15 dB en el valor máximo de la dfp que confirma el efecto del ángulo mínimo de elevación operativo.

4.4 Consideraciones adicionales

En el análisis de los puntos anteriores se supone una distribución uniforme de la orientación de los haces del satélite. En la práctica, y dependiendo de la banda de frecuencias y de las aplicaciones, los satélites tienden a orientar sus haces hacia masas terrenas y en particular hacia centros de población. De forma similar, dependiendo de la banda de frecuencias y de las aplicaciones, es también probable que las redes del servicio fijo y en particular las aplicaciones del servicio fijo de gran densidad se desplieguen en los mismos centros de población.

FIGURA 11

Distribuciones de la dfp a 10° de elevación para el modelo GEO1 (haces múltiples de 60 dBi)



Al aplicar la metodología, puede ser necesario tener en cuenta la correlación de la distribución de los dos sistemas.

5 Conclusión

Este Anexo propone una metodología estadística para calcular la interferencia procedente de los satélites en receptores del servicio fijo. La metodología tiene en cuenta características realistas de los satélites (tales como la potencia máxima, el número de haces, la ganancia y el diagrama de antena y el ángulo mínimo de elevación de puntería). Permite efectuar un análisis detallado del efecto de los satélites en los sistemas del servicio fijo y puede utilizarse en los estudios de compartición en relación con la evaluación de los límites de dfp que deben aplicarse a los servicios de satélites para proteger al servicio fijo en un entorno de múltiples satélites. Sobre esta base, en los Apéndices 1 a 6 se ofrecen ejemplos de cálculos utilizando esta metodología para los modelos de satélite descritos en el § 3:

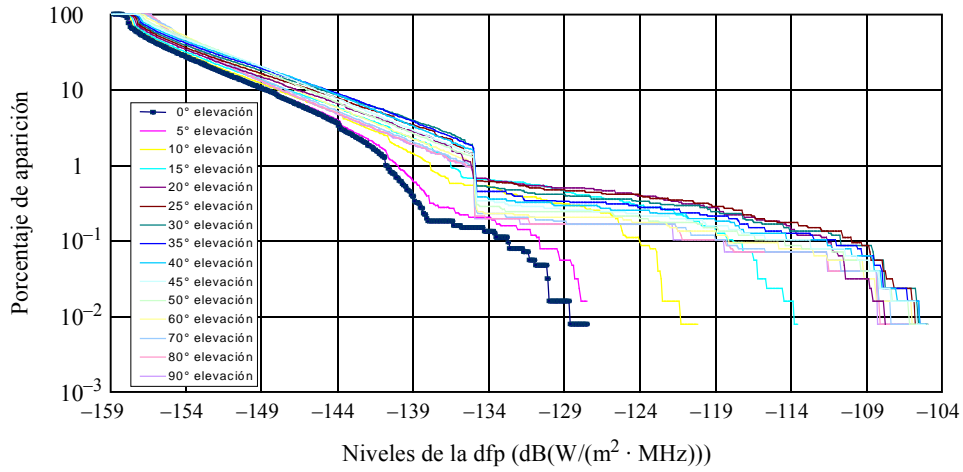
- Para satélites OSG (sin límite de elevación operativa):
 - modelo GEO1 (6 haces cofrecuencia con ganancia de antena de 60 dBi), en el Apéndice 1.
- Para satélites OSG (con límite de elevación operativa de 15°):
 - modelo GEO1 (6 haces cofrecuencia con ganancia de antena de 60 dBi), en el Apéndice 2;
 - modelo GEO2 (4 haces cofrecuencia con ganancia de antena de 55 dBi), en el Apéndice 3.
- Para satélites no OSG (con límite de elevación operativa de 20°):
 - modelo MEO1 (4 haces cofrecuencia con ganancia de antena de 50 dBi), en el Apéndice 4;
 - modelo MEO2 (3 haces cofrecuencia con ganancia de antena de 45 dBi), en el Apéndice 5.

Por último, el Apéndice 6 ofrece un ejemplo de implementación de los niveles estadísticos de la dfp obtenidos con esta metodología, basándose en el caso de satélites no OSG.

Apéndice 1 al Anexo 1

FIGURA 12

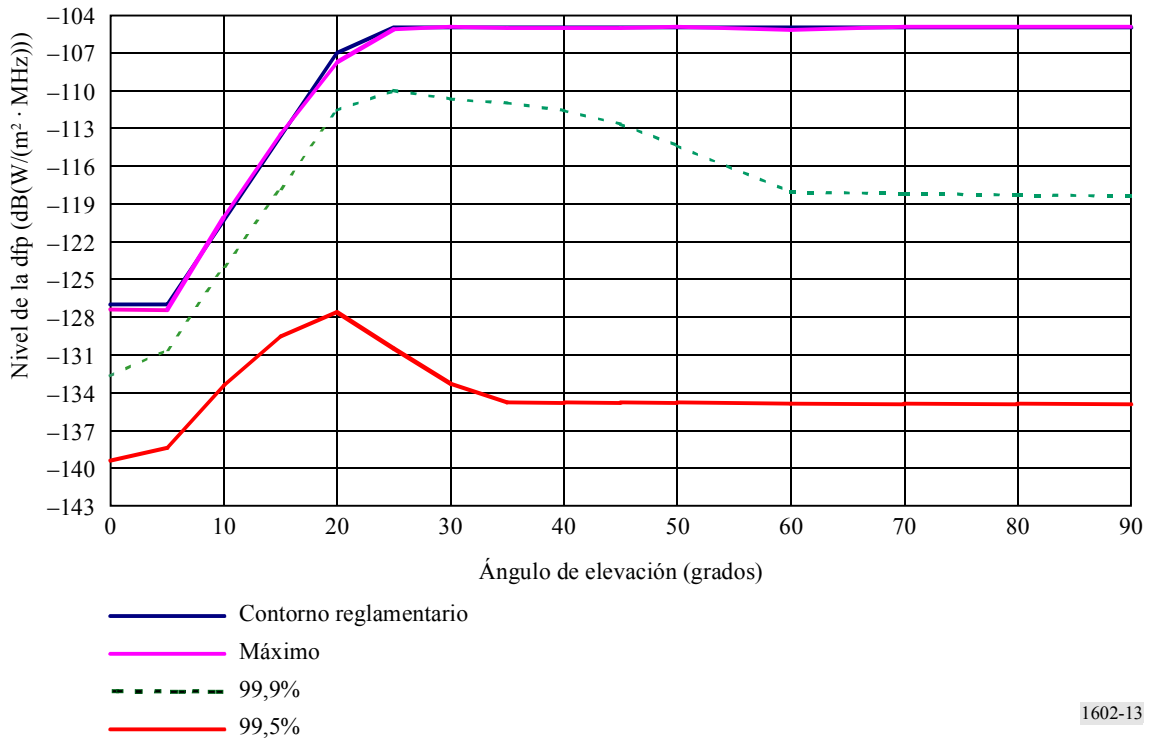
Distribuciones de la dfp para el modelo GEO1 (haces múltiples de 60 dBi)
sin limitación operativa de elevación



1602-12

FIGURA 13

Contornos de la dfp combinada para el modelo GEO1 (haces múltiples de 60 dBi)
sin limitación operativa de elevación

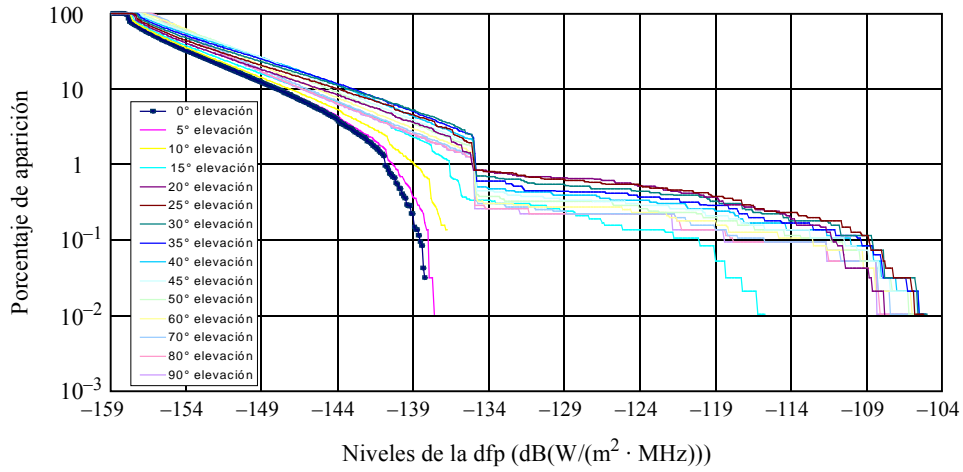


1602-13

Apéndice 2 al Anexo 1

FIGURA 14

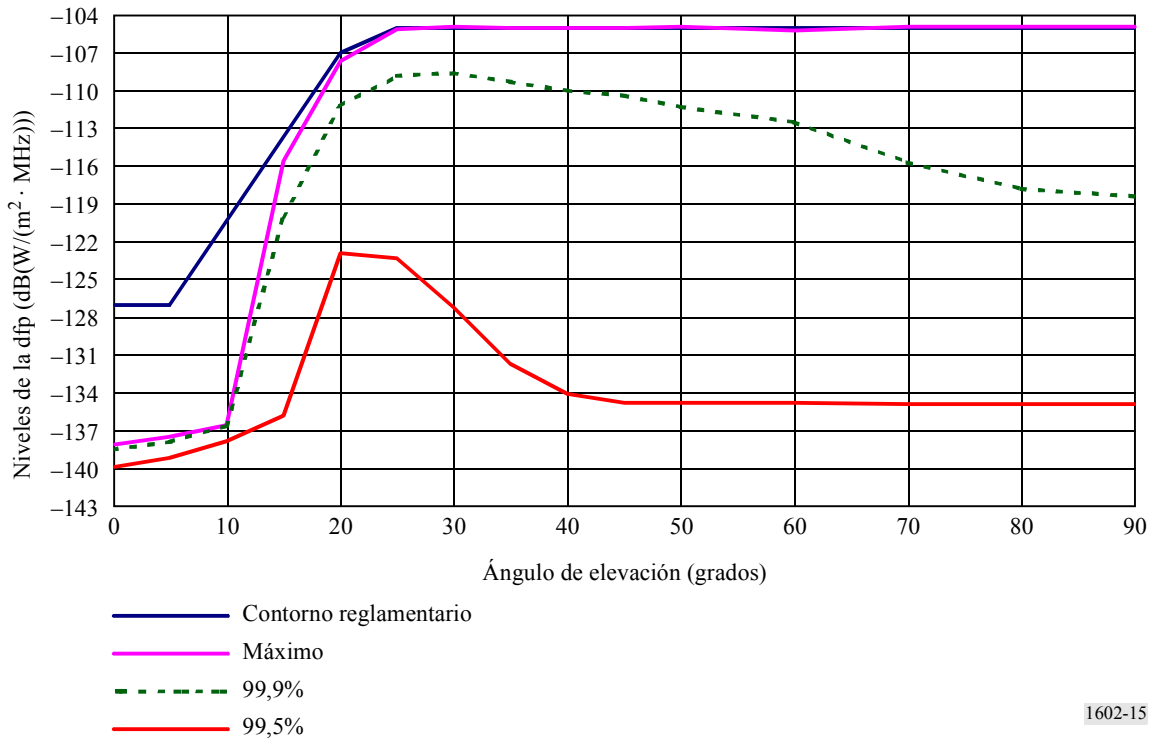
Distribuciones de la dfp para el modelo GEO1 (haces múltiples de 60 dBi)
con limitación operativa de elevación de 15°



1602-14

FIGURA 15

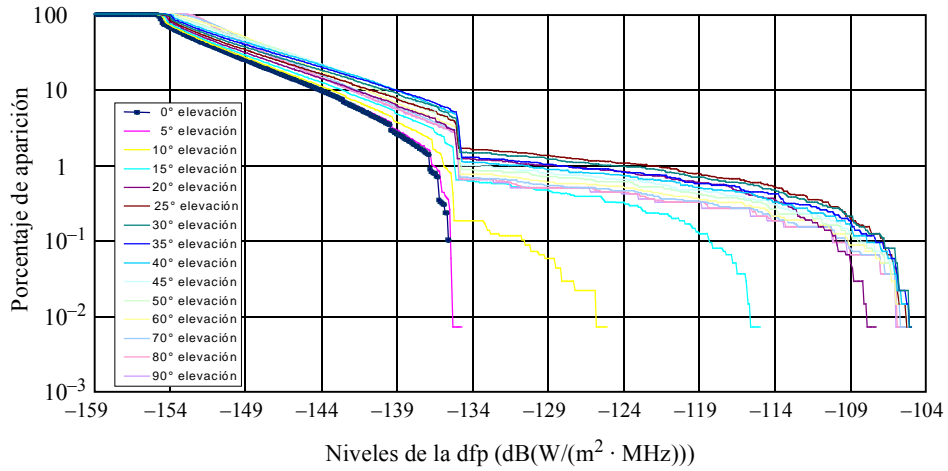
dfp combinada para el modelo GEO1 (haces múltiples de 60 dBi)
con limitación operativa de elevación de 15°



1602-15

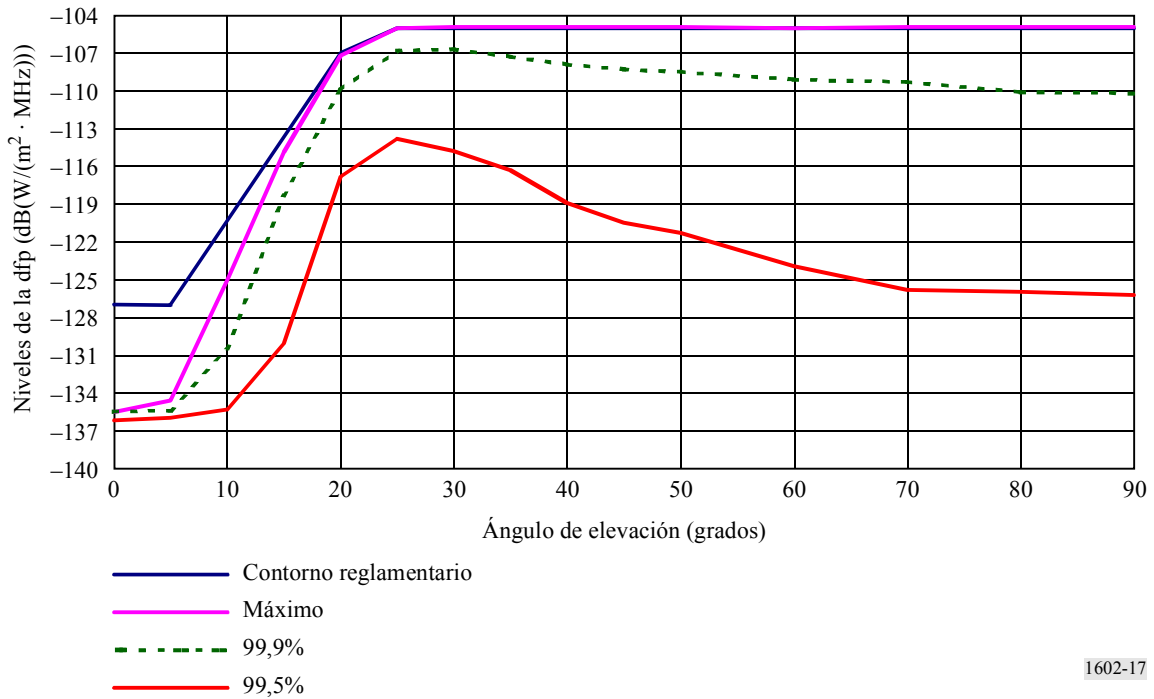
Apéndice 3 al Anexo 1

FIGURA 16
Distribuciones de la dfp para el modelo GEO2 (haces múltiples de 55 dBi)
con limitación operativa de elevación de 15°



1602-16

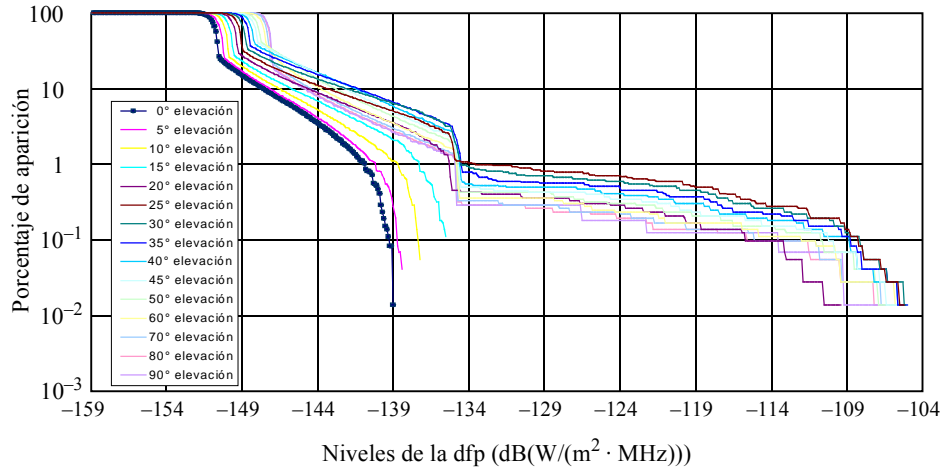
FIGURA 17
dfp combinada para el modelo GEO2 (haces múltiples de 55 dBi)
con limitación operativa de elevación de 15°



1602-17

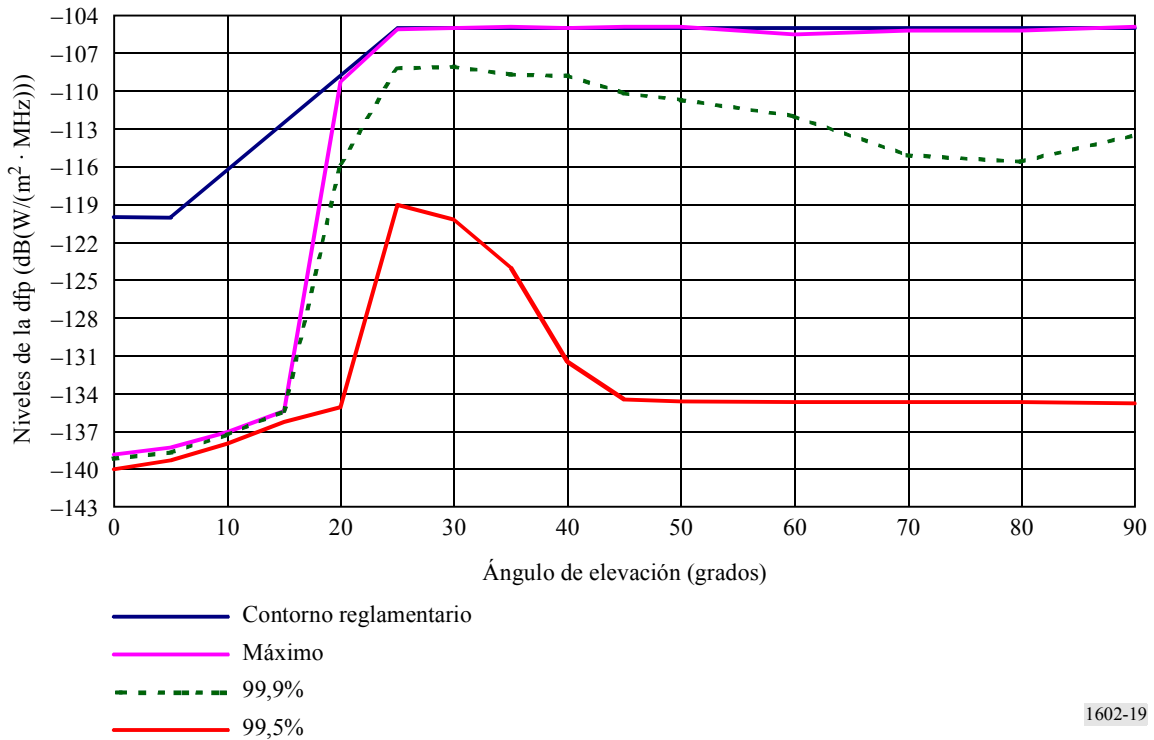
Apéndice 4 al Anexo 1

FIGURA 18
Distribuciones de la dfp para el modelo MEO1 (haces múltiples de 50 dBi)
con limitación operativa de elevación de 20°



1602-18

FIGURA 19
dfp combinada para el modelo GEO1 (haces múltiples de 50 dBi)
con limitación operativa de elevación de 20°

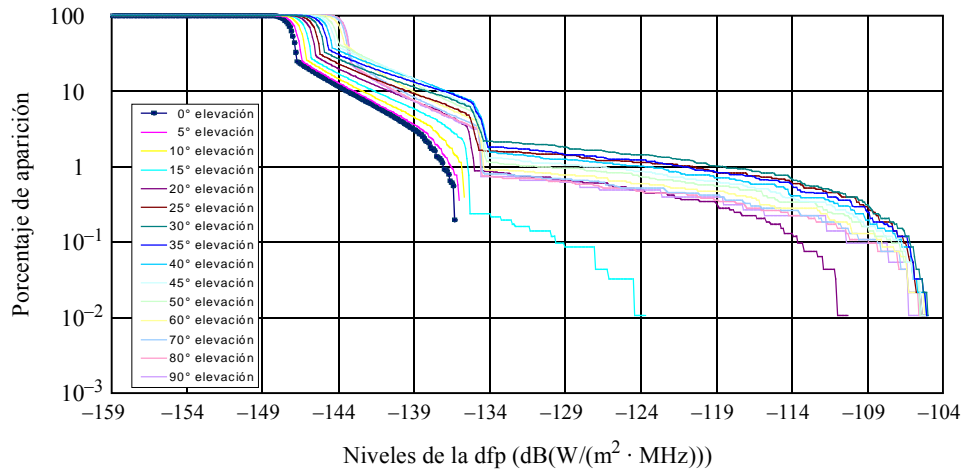


1602-19

Apéndice 5 al Anexo 1

FIGURA 20

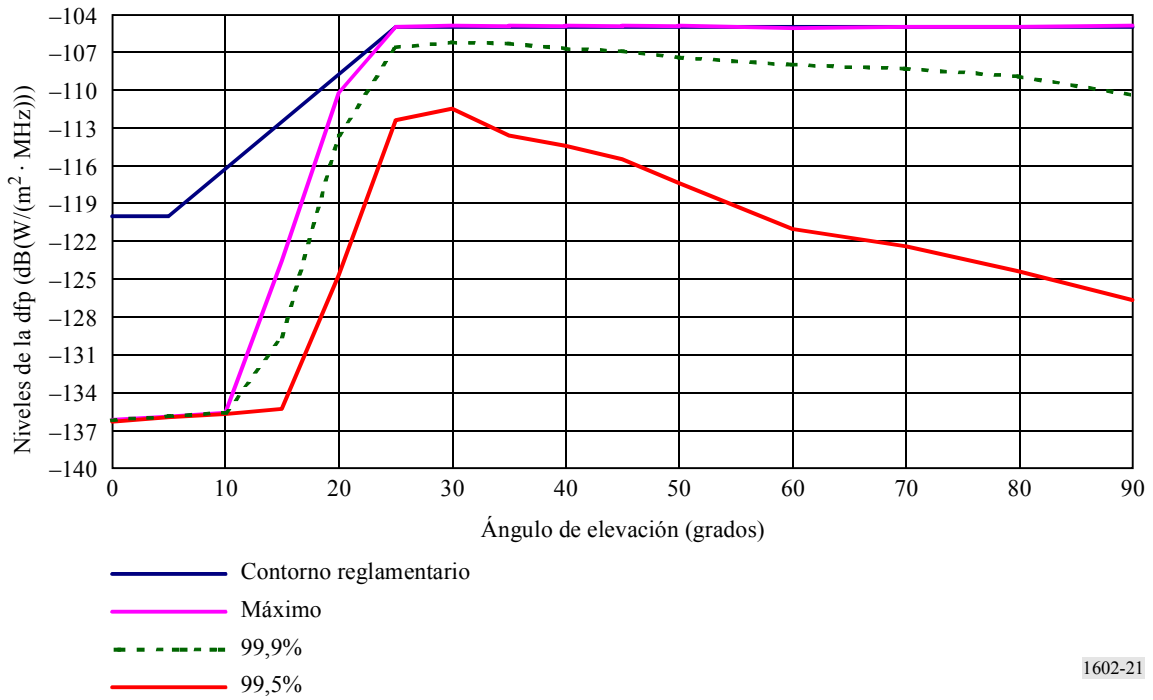
Distribuciones de la dfp para el modelo MEO2 (haces múltiples de 45 dBi)
con limitación operativa de elevación de 20°



1602-20

FIGURA 21

Contornos de dfp para el modelo MEO2 (45 dBi, multihaz) con
limitación del ángulo de elevación operacional de 20°



1602-21

Apéndice 6 al Anexo 1

Ejemplo de implementación de la metodología para el caso no OSG

Tal como se describe en el § 2 del Anexo 1, los cálculos de la interferencia procedente de un sistema del SFS no OSG en una estación del servicio fijo se representan típicamente como distribución de la I/N , tal como indican las curvas de la Fig. 2.

Los escenarios de la máxima I/N de corta duración representan la interferencia causada por un satélite que pase a través del haz principal de la estación del servicio fijo considerada, suponiendo que este satélite produzca el nivel máximo de la dfp, en relación con el contorno de la dfp que se considera.

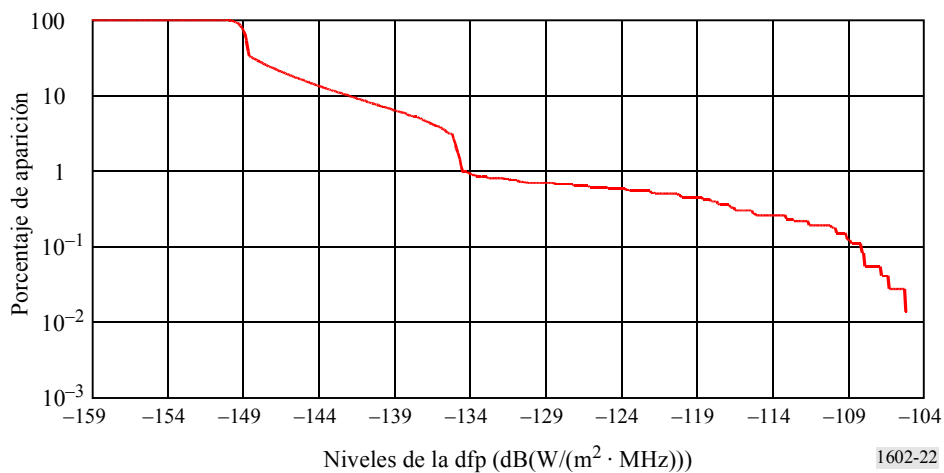
Los ejemplos de las Figuras de los Apéndices 4 y 5 muestran, para todos los ángulos de elevación, que la aparición del escenario de la dfp máxima es pequeña y que, en la gran mayoría de los casos, la dfp producida por el satélite no OSG está por debajo del contorno de la dfp que se considera.

El efecto combinado de la aparición reducida del escenario de la dfp máxima y de los niveles inferiores de la dfp en la gran mayoría de los casos tenderá a disminuir el porcentaje relacionado con la distribución de la I/N máxima.

Teniendo presente que la parte de corta duración de la distribución se produce en el haz principal del servicio fijo y que por tanto está relacionada con la misma elevación respecto al valor de la dfp, el efecto combinado en la cola de la distribución puede obtenerse efectuando la convolución de la distribución de la I/N (para los porcentajes reducidos) con la distribución de la dfp correspondiente para la elevación del servicio fijo considerada, tal como se representa en la Fig. 22 (utilizando la metodología descrita en esta Recomendación).

FIGURA 22

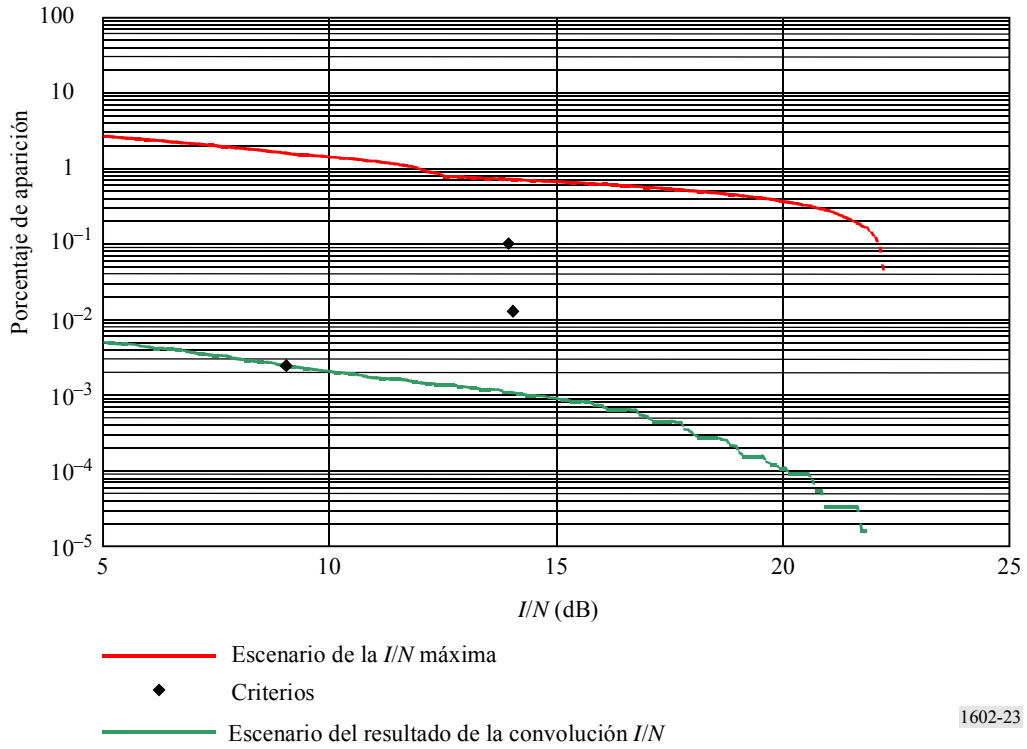
Distribución típica de la dfp producida por un sistema no OSG



1602-22

Sobre esta base, la Fig. 23 ofrece el resultado de la convolución de la I/N de este ejemplo comparado con la I/N obtenida a partir del contorno de la d_{fp} que se considera.

FIGURA 23
**Comparación de ejemplo de distribución de la interferencia máxima
 y la resultante de la convolución**



1602-23