

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.674-2

Determinación del efecto sobre el servicio fijo que utiliza la banda 11,7-12,2 GHz causado por las redes del servicio fijo por satélite geoestacionario de la Región 2 cuando éstas superan los umbrales de densidad de flujo de potencia establecidos en la Resolución 77 (CMR-2000)

(1990-1997-2002)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda 11,7-12,2 GHz está atribuida al servicio fijo a título mundial y al servicio fijo por satélite (SFS) en la Región 2;
- b) que el uso de esta banda por el SFS está supeditado a previo acuerdo con las administraciones cuyos servicios se exploten en conformidad con el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), de acuerdo con lo dispuesto en el número 5.488 del RR revisado por la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000) (CMR-2000);
- c) que la identificación de las administraciones afectadas que utilizan el servicio fijo se facilitará por el empleo de los valores apropiados de la densidad de flujo de potencia (dfp);
- d) que la dfp es uno de los parámetros técnicos que se utilizan para determinar los criterios que facilitan la compartición entre el SFS y los servicios terrenales;
- e) que en la Resolución 77 (CMR-2000) se especifica que cualquier administración que tenga previsto poner en funcionamiento un sistema del SFS geoestacionario (OSG) en la Región 2 en la banda 11,7-12,2 GHz deberá recabar el acuerdo de cualquier administración de las Regiones 1, 2 y 3 que tenga una atribución a título primario a los servicios terrenales en la misma banda de frecuencias si la dfp producida en su territorio sobrepasa los umbrales especificados;
- f) que las redes del servicio fijo pueden ser analógicas o digitales,

observando

- a) que en la banda de frecuencias 11,7-12,2 GHz compartida entre los sistemas del SFS en la Región 2 y los sistemas del servicio fijo, la Resolución 77 (CMR-2000) establece los siguientes umbrales de dfp:

-124	dB(W/(m ² · MHz))	para 0° ≤ θ ≤ 5°
-124 + 0,5 (θ - 5)	dB(W/(m ² · MHz))	para 5° ≤ θ ≤ 25°
-114	dB(W/(m ² · MHz))	para θ > 25°

donde θ es el ángulo de llegada sobre la superficie de la Tierra (grados) de la onda de radiofrecuencia;

- b) que los valores mencionados se relacionen con la dfp y los ángulos de llegada que se obtendrían en condiciones de propagación en el espacio libre,

recomienda

- 1** que la metodología presentada en el Anexo 1 se utilice como un medio para determinar los niveles de interferencia causados a los sistemas del servicio fijo por el SFS cuando se sobrepasan los niveles umbral de dfp especificados en la Resolución 77 (CMR-2000).

ANEXO 1

Determinación de la interferencia en los sistemas del servicio fijo**Introducción**

En el presente Anexo se describe detalladamente la metodología que se utiliza en la Recomendación UIT-R F.1107 para los sistemas analógicos del servicio fijo y en las Recomendaciones UIT-R F.1107 y UIT-R F.1108 para los sistemas digitales del servicio fijo. En la Recomendación UIT-R SF.358 se dan orientaciones sobre cómo deben determinarse los niveles de dfp de la red de satélites que protegen al servicio fijo. En el Apéndice 1 al Anexo 2 de dicha Recomendación se indica que los valores absolutos de la dfp para estaciones analógicas del servicio fijo deben seleccionarse de manera que la máxima potencia de interferencia permitida de la Recomendación UIT-R SF.357 (1 000 pW) pueda sobrepasar ligeramente la de los sistemas del servicio fijo que comparten dicha banda. En la Recomendación UIT-R F.1108 se utiliza el concepto de degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) para las estaciones digitales del servicio fijo. La DFC es el pequeño aumento del porcentaje de tiempo durante el cual no se satisface el criterio de calidad de funcionamiento del control debido a la presencia de interferencia. En la Recomendación UIT-R F.1108 se sugiere que para los estudios de compartición conviene emplear un valor de DFC del 10%. En consecuencia, las metodologías que aquí se describen determinarán el porcentaje de receptores del servicio fijo para los cuales la DFC rebasará el 10%. La DFC sólo debe sobrepasar el 10% en no más de un pequeño porcentaje acordado de estaciones terrenas. En el Apéndice 1 se explica la metodología que se utiliza para analizar la interferencia causada a los sistemas analógicos del servicio fijo y en el Apéndice 2 aparece la metodología empleada en los análisis de la interferencia causada a los sistemas digitales del servicio fijo. Cabe señalar que ninguna de las metodologías aquí presentadas utilizan técnicas de evitación de la órbita.

Los Apéndices 1 y 2 contienen información detallada sobre la metodología utilizada y algunos resultados. Los análisis presentados en los Apéndices 1 y 2 muestran que la degradación en la calidad de funcionamiento aumentada en los sistemas analógicos y digitales del servicio fijo, debido a los sistemas del SFS que sobrepasan los umbrales de dfp de la Resolución 77 (CMR-2000), es función de los parámetros escogidos. Estos resultados corresponden a una temperatura de ruido de 1 500 K para las estaciones analógicas del servicio fijo y de 1 100 K para las estaciones digitales del servicio fijo. Los valores se han tomado del Cuadro 7b del Anexo 7 al Apéndice 7 del RR.

Las metodologías también tienen en cuenta los efectos de atenuación debida a los gases atmosféricos, utilizando para ello la metodología de la Recomendación UIT-R SF.1395.

Las metodologías que se aplican en el presente Anexo no tienen en cuenta las pérdidas debidas al ensanchamiento del haz de la antena del satélite sobre el trayecto Tierra-espacio. De conformidad con la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R P.834, las pérdidas medidas por ensanchamiento del haz a largo plazo podrían llegar a ser de 2,5 dB para un ángulo de elevación de 0,1°, de 0,85 dB para un ángulo de elevación de 1° y de 0,45 dB para un ángulo de elevación de 2°.

Una técnica de reducción de la interferencia que puede aplicarse a las antenas receptoras del servicio fijo existentes es aplicar una leve reorientación de la antena para reducir el acoplamiento del haz principal a las emisiones de satélite. Los análisis teóricos sugieren que la mejora es generalmente modesta, que es función del ángulo inicial del haz principal con el satélite y que aumenta con la

relación interferencia/ruido (I/N). Para una relación I/N de +10 dB, puede mejorarse hasta varios dB cuando el satélite está inicialmente fuera de la anchura de haz de 3 dB de la antena del servicio fijo. Las consideraciones prácticas para la aplicación de esta técnica de reducción de la interferencia todavía no se han examinado, y su eficacia todavía no se ha confirmado en pruebas prácticas.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Determinación de la interferencia causada a los sistemas analógicos del servicio fijo

1 Metodología

A continuación se resume la metodología del análisis de la Recomendación UIT-R F.1107. Las redes del SFS están situadas en orden y a intervalos equidistantes (por ejemplo, 2°). Los niveles de densidad de dfp que radian sobre la superficie de la Tierra se supone que son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} dfp_{baja} & \text{para } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ dfp_{baja} + 0,05(dfp_{alta} - dfp_{baja}) (\theta - 5) & \text{para } 5^\circ \leq \theta < 25^\circ \\ dfp_{alta} & \text{para } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{array}$$

donde los valores de dfp_{baja} y dfp_{alta} se han tomado de la Resolución 77 (CMR-2000), por ejemplo, $dfp_{baja} = -124 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$ y $dfp_{alta} = -114 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$.

Para este análisis se supone que la red del servicio fijo analógico está formada por 51 estaciones de radioenlace, separadas a una distancia de 50 km, para una longitud total de 2 500 km por trayecto. Esto es compatible con el análisis descrito en la Recomendación UIT-R F.1107. No obstante, otras Recomendaciones, como por ejemplo la Recomendación UIT-R M.1143, suponen menos tramos para analizar para situaciones especiales, por ejemplo 13 estaciones, también separadas a una distancia de 50 km cada una. Cuanto menor sea el número de estaciones, menor será la interferencia acumulativa. Sin embargo, la interferencia por estación será más o menos la misma. Puesto que la interferencia total permitida, 1 000 pW0p, está basada en un circuito ficticio de referencia de unos 2 500 km, en el análisis aquí presentado se utilizan 51 estaciones. Se supone que cada enlace dispone de dos antenas: una que apunta directamente al enlace justo enfrente y la otra que apunta directamente al enlace justo detrás. El centro del trayecto tiene una latitud determinada y una longitud aleatoria. El ángulo de acimut de la línea de tendencia del trayecto (es decir, su dirección) se supone uniformemente distribuido con un valor aleatorio entre 0° y 360°. Otro factor aleatorio es la situación exacta de cada radioenlace a lo largo del trayecto lineal. En el análisis aquí presentado, cada radioenlace puede estar situado a una distancia de hasta 10 km de la línea de tendencia del trayecto. La interferencia total observada en cada ruta se calcula realizando dos sumas: en primer lugar se suman las contribuciones de interferencia de cada satélite del SFS sobre cada enlace del trayecto, y en segundo lugar se suma la interferencia de cada enlace para obtener la interferencia total para el trayecto.

La metodología que se utiliza difiere de la que se utiliza en la Recomendación UIT-R F.1107 en un aspecto importante. A fin de medir el efecto de un satélite del SFS que sobrepase los umbrales de dfp , el análisis permite la especificación de satélites adicionales (situados en cualquier órbita) que

sobrepasa los umbrales de dfp en un valor β dB. Se supone que las dfp producidas por estos satélites tienen la siguiente distribución:

$$\begin{aligned} dfp_{baja} + \beta & \quad \text{para } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ dfp_{baja} + 0,05 (dfp_{alta} - dfp_{baja}) (\theta - 5) + \beta & \quad \text{para } 5^\circ \leq \theta < 25^\circ \\ dfp_{alta} + \beta & \quad \text{para } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{aligned}$$

2 Resultados

Las Figs. 1, 2 y 3 representan los resultados de un análisis de interferencia de una red digital de satélites OSG del SFS distanciados 2° entre sí, que producen interferencia en una red analógica del servicio fijo. El sistema del SFS funciona con una línea de base de $dfp_{baja} = -124$ dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) y $dfp_{alta} = -114$ dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) y transmite a una frecuencia de 11,95 GHz. El sistema del servicio fijo está centrado a una latitud de 40° . En este ejemplo se supone que cada antena tiene una ganancia máxima de 44 dB y que todos los receptores tienen una temperatura de ruido de 1 500 K. Se utiliza una pérdida en la línea de alimentación de 3 dB y un diagrama de radiación de antena que corresponde al de la Recomendación UIT-R F.1245. En la leyenda, «Nsats» se refiere al número de satélites que sobrepasan la línea de base de dfp en $\beta = 10$ dB; es decir, los satélites tienen $dfp_{baja} + \beta = -114$ dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$) y $dfp_{alta} + \beta = -104$ dB ($W/(m^2 \cdot MHz)$). En la Fig. 1 los satélites que sobrepasan el umbral de dfp eran los satélites Nsat más próximos al horizonte de la red del servicio fijo, vistos desde el centro del trayecto (los ángulos de elevación más pequeños). En la Fig. 2, los satélites que sobrepasan el umbral dfp eran los satélites Nsats más próximos al centro de la red del servicio fijo (los ángulos de elevación más grandes). En la Fig. 3, se presentan otras situaciones. La curva de línea de base en esta Figura es para los Nsat = 30, siendo estos satélites los más próximos al horizonte de la red del servicio fijo.

FIGURA 1

Interferencia causada al servicio fijo analógico por el SFS digital,
Nsats satélites más próximos al horizonte

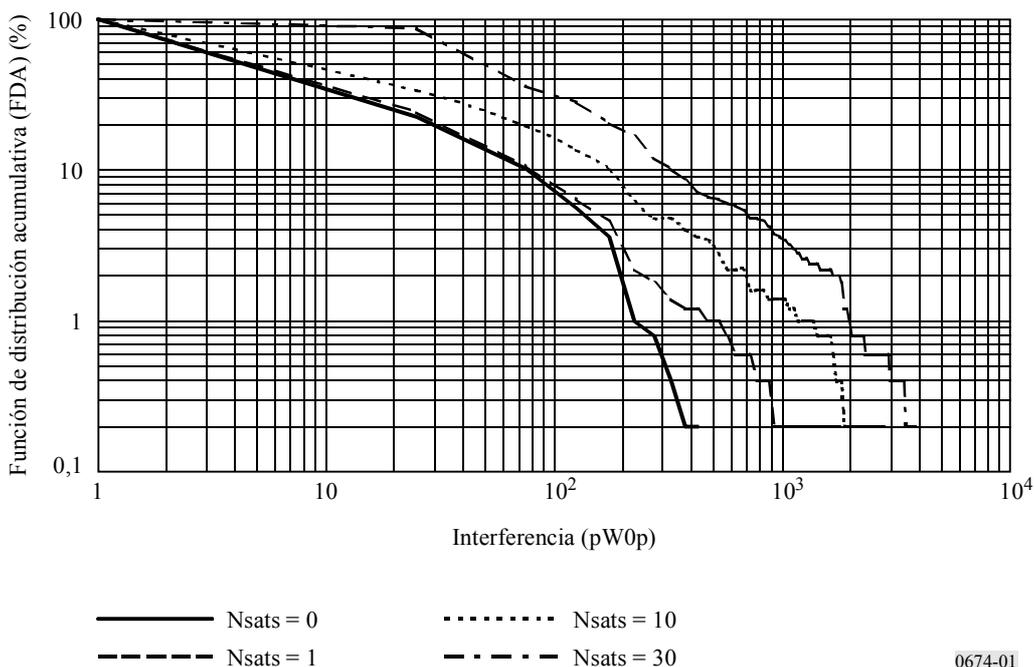


FIGURA 2

Interferencia causada al servicio fijo analógico por el SFS digital,
Nsats satélites más próximos al centro de la red del servicio fijo

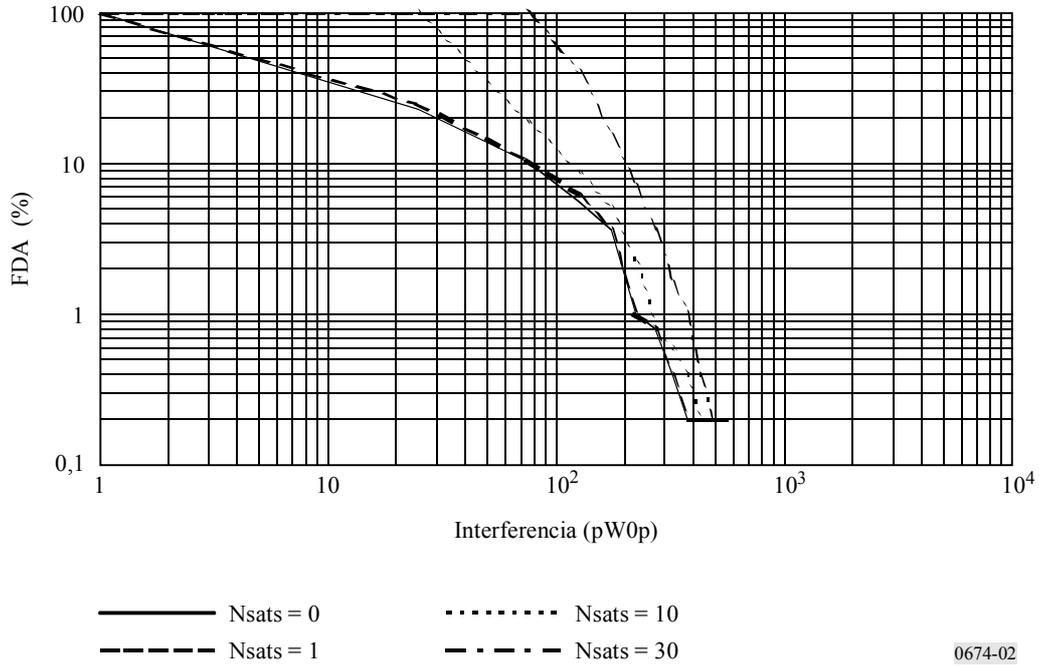
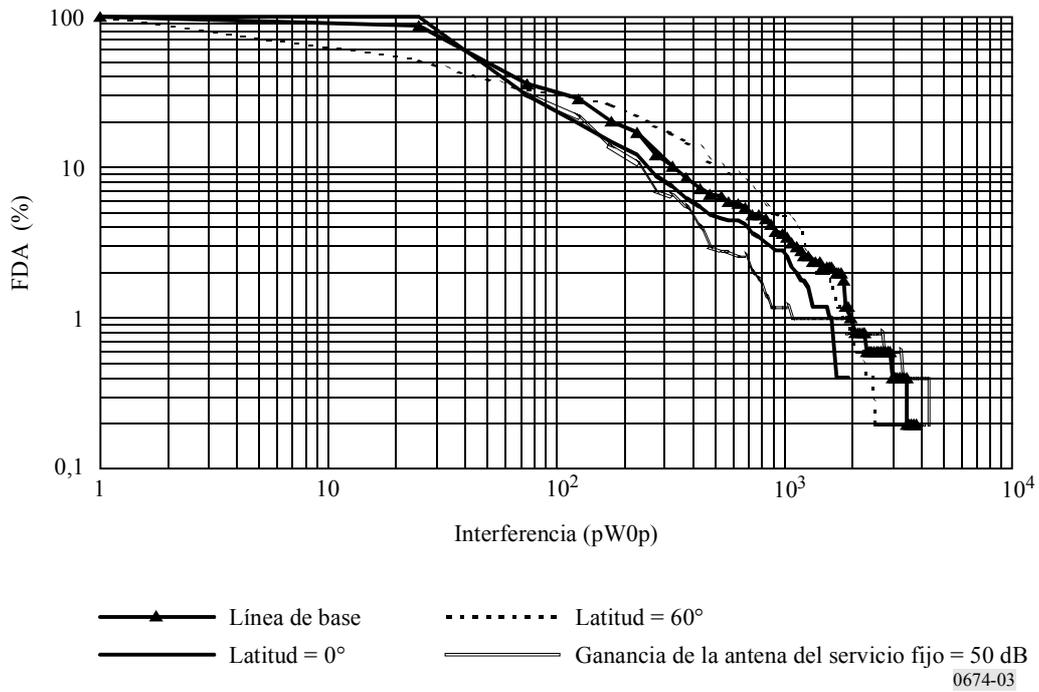


FIGURA 3

Interferencia causada al servicio fijo analógico por el SFS digital, otras situaciones



Los resultados de las Figs. 2 y 3 muestran que en ambos casos menos del 10% de las redes del servicio fijo experimentan un nivel de interferencia que sobrepasa 1 000 pW0p, incluso cuando cada uno de los 30 satélites en las posiciones supuestas sobrepasan el umbral de $d_{fp} \beta = 10$ dB. No obstante, hay una diferencia importante entre ambos casos. Para el caso de ángulos pequeños, es posible que aparezcan niveles de interferencia significativamente superiores cuando N_{sats} se hace mucho mayor en comparación con el caso $N_{sats} = 0$, aunque con menor probabilidad. Este gráfico muestra que cuando la latitud del sistema del servicio fijo pasa a ser 60° ó 0° , la interferencia varía ligeramente. Cuando la ganancia máxima de la antena del servicio fijo se aumenta a 50 dB la interferencia disminuye, excepto en las zonas de baja probabilidad y alta interferencia, en la que aumenta.

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Determinación de la interferencia causada a los sistemas digitales del servicio fijo

1 Metodología

La metodología del análisis que aquí se utiliza es similar a la empleada para los sistemas analógicos del servicio fijo, pero con algunas diferencias importantes. Cada estación digital se analiza independientemente de todas las demás. Con objeto de realizar el análisis de interferencia, se modeliza un conjunto de receptores de manera que cada estación tenga la misma latitud, pero una longitud cuyo valor se toma aleatoriamente en un intervalo de 60° (esta última es una metodología similar a la que se utiliza en la Recomendación UIT-R F.1107). Cada antena del servicio fijo tiene un ángulo de elevación de 0° y un ángulo de acimut escogido aleatoriamente y distribuido uniformemente entre 0° y 360° . Para cada una de ellas, el valor de la interferencia se convierte a un valor DFC, de la forma especificada en la Recomendación UIT-R F.1108. Posteriormente se calcula una distribución acumulativa para la DFC.

2 Resultados

Las Figs. 4, 5 y 6 representan los resultados de un análisis de interferencia de una red digital de satélites OSG del SFS espaciados 2° que causan interferencia en una red digital del servicio fijo. La línea de base del sistema SFS funciona con una $d_{fp_{baja}} = -124$ dB(W/(m² · MHz)) y una $d_{fp_{alta}} = -114$ dB(W/(m² · MHz)), y transmite a una frecuencia de 11,95 GHz. La latitud del sistema del servicio fijo es 40° . En este ejemplo, se supone que la ganancia máxima de cada antena del del servicio fijo es de 44 dB y que todos los receptores tienen una temperatura de ruido de 1 100 K. Se utiliza una pérdida de la línea de alimentación de 3 dB y el diagrama de radiación de la antena corresponde al de la Recomendación UIT-R F.1245. En la leyenda, « N_{sats} » se refiere al número de satélites que sobrepasa la línea de base d_{fp} por un factor $\beta = 10$ dB; es decir, los satélites que tienen $d_{fp_{baja}} + \beta = -114$ dB(W/(m² · MHz)) y $d_{fp_{alta}} + \beta = -104$ dB(W/(m² · MHz)). En la Fig. 4, los satélites que sobrepasan el umbral d_{fp} eran los satélites más próximos al horizonte de la red del servicio fijo (los ángulos de elevación más pequeños). En la Fig. 5, los satélites que sobrepasan el umbral p_{fd} eran los satélites N_{sats} más próximos al centro de la red del servicio fijo

(ángulos de elevación más grandes). En la Fig. 6 se presentan otras situaciones. La línea de base de la curva es para los $N_{sats} = 30$, siendo estos satélites los más próximos al horizonte de la red del servicio fijo.

FIGURA 4
Interferencia causada al servicio fijo digital por el SFS digital,
 N_{sats} satélites más próximos al horizonte

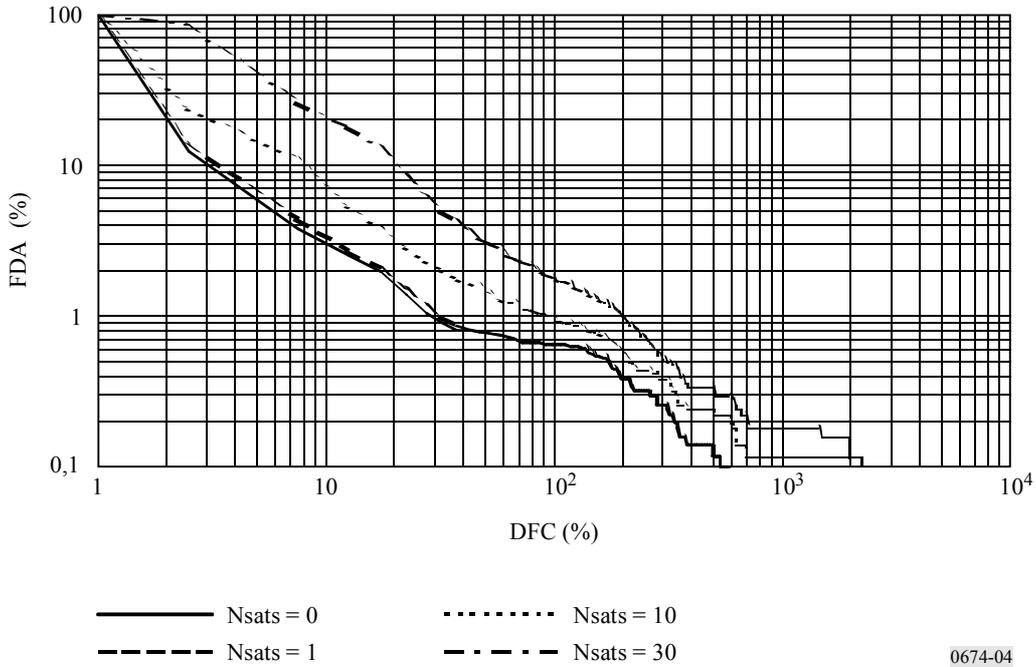


FIGURA 5
Interferencia causada al servicio fijo digital por el SFS digital,
 N_{sats} satélites más próximos al centro de la red del servicio fijo

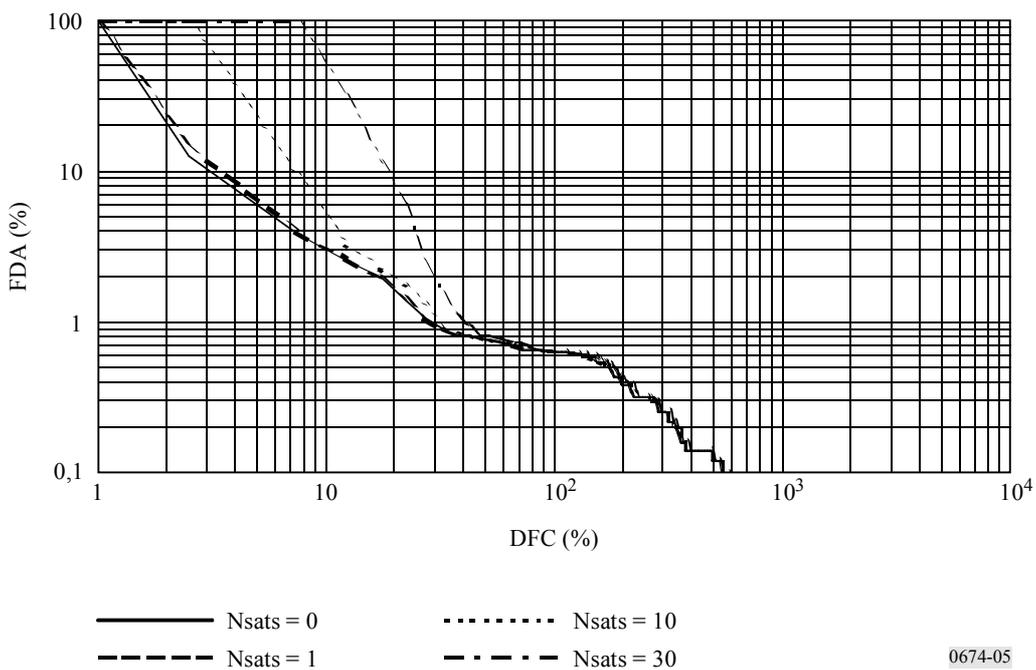
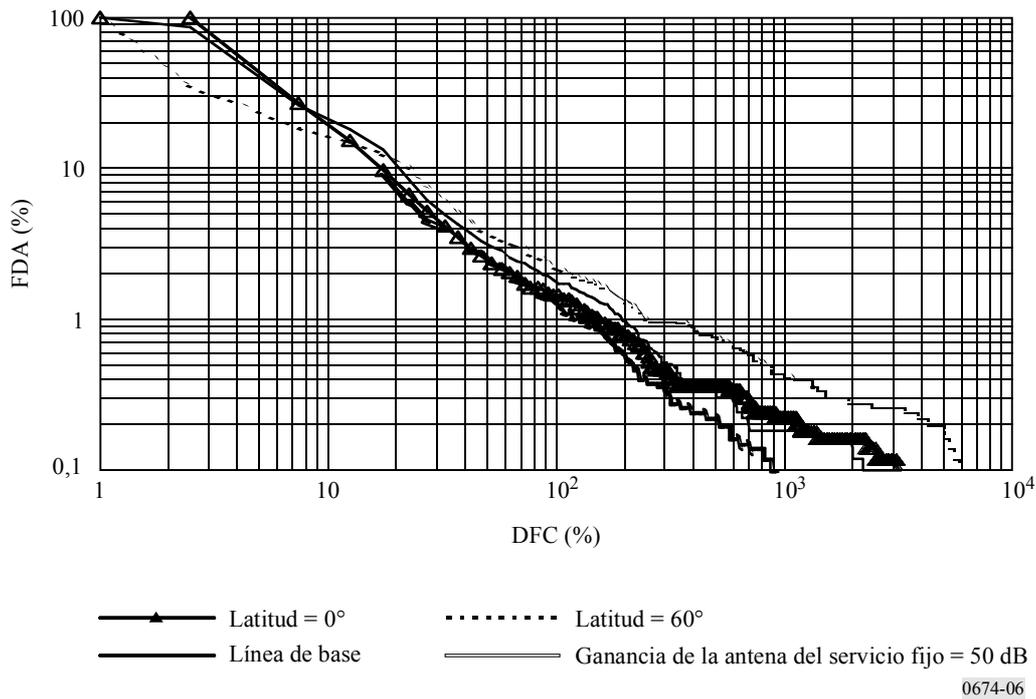


FIGURA 6

Interferencia causada al servicio fijo digital por el SFS digital, otras situaciones



Los resultados de las Figs. 4 y 5 demuestran que en ambos casos habría un incremento despreciable en la interferencia cuando un solo satélite rebasara la línea de base de dfp en $\beta = 10$ dB, que algo menos del 10% de las estaciones del servicio fijo experimentarían una dfp que sobrepasaría el 10% cuando hubiera 10 satélites que rebasaran esta línea de base y que todas las estaciones del servicio fijo experimentarían una dfp que sobrepasaría el 10% cuando 30 satélites rebasaran esta línea de base. Sin embargo, hay una diferencia importante entre los dos casos. Para el caso de ángulos pequeños, es posible que haya un nivel de interferencia significativamente mayor cuando N_{sats} se hace muy grande en comparación con el caso $N_{sats} = 0$, aunque con poca probabilidad. La curva muestra que cuando la latitud del sistema del servicio fijo pasa a ser 60° ó 0° , la interferencia varía sólo ligeramente, excepto en el caso de 60° en el cual el valor de interferencia aumenta para valores de poca probabilidad. Cuando aumenta la máxima ganancia de antena del servicio fijo a 50 dB la interferencia disminuye.