

RECOMENDACIÓN UIT-R S.524-6

MÁXIMOS NIVELES ADMISIBLES DE LA DENSIDAD DE LA p.i.r.e. FUERA DEL EJE, DE LAS ESTACIONES TERRENAS EN REDES DE SATÉLITES GEOESTACIONARIOS QUE FUNCIONAN EN EL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE TRANSMITIENDO EN LAS BANDAS DE FRECUENCIAS DE 6 GHz, 14 GHz Y 30 GHz*

(Cuestiones UIT-R 48/4, UIT-R 70/4 y UIT-R 259/4)

(1978-1982-1986-1990-1992-1994-2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que varias redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite (SFS) funcionan en las mismas bandas de frecuencias;
- b) que las interferencias entre redes del servicio fijo por satélite contribuyen al ruido en la red;
- c) que es necesario proteger a una red del servicio fijo por satélite de las interferencias provocadas por otras redes del mismo servicio;
- d) que es necesario especificar los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje producida por las estaciones terrenas, a fin de promover la armonización entre las redes de satélites geoestacionarios;
- e) que las redes del servicio fijo por satélite pueden padecer interferencias en el receptor de la estación espacial;
- f) que el empleo de antenas con el mejor comportamiento posible fuera del eje redundará en una utilización más eficaz del espectro radioeléctrico y de la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG);
- g) que el progreso en el desarrollo de antenas con lóbulos laterales reducidos indica que se dispondrá generalizadamente de antenas con un comportamiento mejorado dentro de unos pocos años;
- h) que los niveles de densidad de p.i.r.e. fuera del eje vienen determinados por la ganancia en dirección de los lóbulos laterales, el nivel de potencia de salida del transmisor y la distribución espectral de esa potencia;
- j) que en los Anexos 1 y 2 se describen las bases en las que se fundamentan los límites en esta Recomendación,

recomienda

1 que las redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite que funcionen en la banda de frecuencias de 6 GHz se diseñen de forma que para cualquier ángulo, φ , a $2,5^\circ$ o más fuera del eje del lóbulo principal de una antena de estación terrena, la densidad de la p.i.r.e. en cualquier dirección dentro de 3° de la órbita de los satélites geoestacionarios, no rebase los valores siguientes:

1.1 Para emisiones en sistemas distintos de los indicados en los § 1.2 y 1.3:

| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 4 kHz</i> |
|--|--------------------------------------|
| $2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$ | $(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz) |
| $48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$ | -7 dB(W/4 kHz); |

1.2 Para emisiones en sistemas telefónicos SCPC-MF con accionamiento por la voz:

| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 40 kHz</i> |
|--|---------------------------------------|
| $2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$ | $(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$ | 0 dB(W/40 kHz); |

* Con excepción de los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite de conformidad con el Apéndice S30A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

1.3 Para emisiones en sistemas telefónicos SCPC-MDP con accionamiento por la voz:

| | |
|--|---------------------------------------|
| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 40 kHz</i> |
| $2,5^\circ \leq \varphi < 48^\circ$ | $(45 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$ | 3 dB(W/40 kHz); |

2 que para las nuevas antenas de estaciones terrenas que funcionan en la banda de 6 GHz y utilizan emisiones distintas de las examinadas en los § 1.2 y 1.3 después del año 1988, la densidad de la p.i.r.e. no rebase los siguientes valores:

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 4 kHz</i> |
| $2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ | $(32 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz) |
| $7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ | 11 dB(W/4 kHz) |
| $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ | $(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz) |
| $48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | -7 dB(W/4 kHz); |

3 que las estaciones terrenas que funcionan en redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite en las bandas de frecuencias de 12,75-13,25 GHz y 13,75-14,5 GHz se diseñen de tal forma que para cualquier ángulo, $\varphi \geq 2,5^\circ$ fuera del eje del lóbulo principal de una antena de estación terrena, la densidad de la p.i.r.e. en cualquier dirección dentro de $\pm 3^\circ$ de la órbita de los satélites geoestacionarios no rebase los valores siguientes:

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 40 kHz</i> |
| $2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ | $(39 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ | 18 dB(W/40 kHz) |
| $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ | $(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | 0 dB(W/40 kHz); |

4 que las estaciones terrenas que funcionan en redes de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite en la banda de frecuencias 29,5-30 GHz se diseñen de tal forma que para cualquier ángulo, $\varphi \geq 2^\circ$, fuera del eje del lóbulo principal de una antena de la estación terrena, la densidad de la p.i.r.e. en cualquier dirección dentro de $\pm 3^\circ$ de la órbita de los satélites geoestacionarios no rebase los siguientes valores:

| | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima por 40 kHz</i> |
| $2^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ | $(19 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ | -2 dB(W/40 kHz) |
| $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ | $(22 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz) |
| $48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | -10 dB(W/40 kHz). |

En cualquier dirección de la región fuera de $\pm 3^\circ$ con respecto a la órbita de los satélites geoestacionarios, los límites anteriores pueden rebasarse un valor no superior a 3 dB;

5 que las siguientes Notas se consideren como parte integrante de la presente Recomendación:

NOTA 1 – Los valores indicados en el § 1.2 se basan en un análisis del ruido de potencia media. No se han tenido en cuenta los posibles efectos subjetivos de la interferencia causada a una portadora SCPC-MF por una emisión de banda muy estrecha. Se necesitan ulteriores estudios sobre esta materia.

NOTA 2 – Los límites indicados en el § 1.2 se aplican a la explotación normal de telefonía en una banda de base de 4 kHz.

NOTA 3 – Los valores especificados en el § 1.1 se derivan principalmente de un análisis de los sistemas MF utilizados para televisión analógica o telefonía multicanal. No se sabe actualmente si los sistemas de telemando y de determinación de la distancia que operan en la banda de emisión y algunos tipos de sistemas de un solo canal por portadora (SCPC) distintos de los mencionados en los § 1.2 y 1.3 cumplen estos requisitos. Deberán efectuarse estudios para determinar de qué forma estos sistemas SCPC podrían satisfacer los límites indicados anteriormente.

NOTA 4 – Habida cuenta de que una p.i.r.e. en los lóbulos laterales más reducida permitiría mejorar la utilización de la órbita y facilitaría la coordinación, se insta a las administraciones a que traten de obtener valores menores cuando ello sea posible.

NOTA 5 – Siempre que sea posible, las estaciones terrenas existentes deben respetar los valores anteriores.

NOTA 6 – Los valores indicados en el § 2 se derivan de diagramas de antena avanzados, con lóbulos laterales reducidos, habida cuenta de los principios de la Nota 3. Es urgente efectuar estudios sobre las características de las antenas de estación terrena en direcciones cercanas a la del haz principal, particularmente en lo que respecta a la validez de la abertura de 7° como valor hasta el cual es razonable recomendar este ajuste de 3 dB en el límite de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje. Dichos estudios deben incluir también el efecto de los valores indicados en el § 2 sobre las antenas que funcionan con anchuras de banda superiores a 500 MHz.

NOTA 7 – Durante la planificación de frecuencias, puede ser necesario evitar situaciones en que las transmisiones de televisión en una red empleen las mismas frecuencias que las transmisiones de telefonía con un solo canal por portadora (SCPC) en una red que utilice un satélite cercano.

NOTA 8 – Cuando se utilice el control de potencia en el enlace ascendente y el desvanecimiento provocado por la lluvia lo haga necesario, podrán rebasarse los valores límite indicados en el § 3 durante todo ese periodo. En las zonas hidrometeorológicas N y P y cuando no se utilice control de potencia en el enlace ascendente, se podrán rebasar en y dB los límites indicados en el § 3. Es preciso determinar el valor de y dB mediante ulteriores estudios basados en datos fiables sobre propagación para establecer márgenes de desvanecimiento con suficiente exactitud. En el Cuadro 2 se dan más orientaciones sobre este asunto.

NOTA 9 – Se insta a las administraciones que explotan estaciones terrenas en la banda de 14 GHz a que reduzcan la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje aumentando el diámetro de antena necesario, empleando mejores características de lóbulos laterales en las antenas o, en el caso de TV-MF, a que utilicen una forma adecuada de dispersión de energía, si ello es aplicable.

NOTA 10 – En el caso de las transmisiones TV-MF, se insta a las administraciones a reducir la interferencia con otras redes utilizando material de programas o los esquemas de prueba adecuados, junto con la dispersión de energía, en todo momento.

En la Fig. 1 del Anexo 1 se ofrece un ejemplo de distribución espectral típica de una portadora TV-MF modulada por material radiofónico con dispersión de energía.

NOTA 11 – La utilización de separaciones reducidas entre los satélites requerirá un estudio ulterior sobre el límite de la p.i.r.e., para ángulos fuera del eje inferiores a $2,5^\circ$.

NOTA 12 – Las emisiones de TV-MF con dispersión de energía en las bandas de frecuencias 12,75-13,25 GHz y 13,75-14,5 GHz pueden rebasar los límites del § 3 hasta en 3 dB, siempre que la p.i.r.e. total fuera del eje o la portadora TV-MF emitida no rebasen los valores siguientes:

| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima</i> |
|---------------------------------------|------------------------------|
| $2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ | $(53 - 25 \log \varphi)$ dBW |
| $7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ | 32 dBW |
| $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ | $(56 - 25 \log \varphi)$ dBW |
| $48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | 14 dBW |

NOTA 13 – Las portadoras TV-MF en las bandas de frecuencias 12,75-13,25 GHz y 13,75-14,5 GHz que funcionen sin dispersión de energía deben ir moduladas en todo momento con material de programas o con los esquemas de prueba adecuados. En tal caso, la p.i.r.e. total fuera del eje de la portadora TV-MF emitida no debe rebasar los valores siguientes:

| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>p.i.r.e. máxima</i> |
|---------------------------------------|------------------------------|
| $2,5^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ | $(53 - 25 \log \varphi)$ dBW |
| $7^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ | 32 dBW |
| $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ | $(56 - 25 \log \varphi)$ dBW |
| $48^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | 14 dBW |

NOTA 14 – En los sistemas OSG en los que se espera que las estaciones terrenas transmitan simultáneamente en la misma banda de 40 kHz (por ejemplo, los sistemas OSG que utilizan acceso múltiple por división de código (AMDC)) los valores de p.i.r.e. máxima del *recomienda 4* deben disminuirse por factor de $10 \log(N)$ dB, siendo N el número de estaciones terrenas que se encuentra dentro del haz de recepción del satélite con el que están comunicando estas estaciones terrenas y que se espera que transmitan simultáneamente en la misma frecuencia.

NOTA 15 – Las estaciones terrenas que funcionan en la banda de frecuencias 29,5-30 GHz debe diseñarse de manera que el 90% de sus niveles de cresta de densidad de p.i.r.e. fuera del eje no rebasen los valores indicados en el *recomienda 4*. Son necesarios más estudios para determinar la gama angular con respecto al eje en la cual puede permitirse el rebasamiento de estos valores, teniendo en cuenta el nivel de interferencia en los satélites adyacentes. El procesamiento estadístico de los valores de cresta de la densidad de p.i.r.e. fuera del eje debe realizarse utilizando el método indicado en la Recomendación UIT-R S.732.

NOTA 16 – Los valores de densidad de p.i.r.e. fuera del eje indicados en el *recomienda* 4 no se aplican a estaciones terrenas que han entrado en funcionamiento en cualquier instante y funcionan con redes OSG puestas en servicio antes de finalizar la CMR-2000.

NOTA 17 – Los valores del *recomienda* 4 son valores máximos en condiciones de cielo despejado. En el caso de sistemas que utilizan control de potencia en el enlace ascendente, estos niveles incluyen todo margen adicional por encima del mínimo nivel en condiciones de cielo despejado necesario para la aplicación del control de potencia en el enlace ascendente. En condiciones de desvanecimiento debido a la lluvia, los niveles del *recomienda* 4 pueden ser rebasados por las estaciones terrenas al aplicar control de potencia en el enlace ascendente. La cantidad en que pueden rebasarse dichos niveles debe ser tal que el nivel de la señal recibida por la estación espacial asociada no se supere en más de P (dB), en comparación con el nivel en condiciones de cielo despejado. Son necesarios más estudios para determinar el valor de P , teniendo en cuenta la posibilidad de aplicar una definición estadística de P , como porcentaje de tiempo. Los estudios deben tener también en cuenta los requisitos inherentes para que un control adecuado de potencia en el enlace ascendente limite el nivel de autointerferencia procedente del funcionamiento cofrecuencia de los haces adyacentes.

NOTA 18 – Las estaciones terrenas del SFS que funcionan en la banda 29,5-30 GHz y tienen ángulos de elevación menores con la OSG exigirán unos niveles de p.i.r.e. superiores con respecto a los mismos terminales para ángulos de elevación más elevados a fin de obtener las mismas densidades de flujo de potencia (dfp) en la OSG debido al efecto combinado del aumento de la distancia y la absorción atmosférica. Las estaciones terrenas con ángulos de elevación bajos pueden rebasar los niveles indicados en el *recomienda* 4 las siguientes cantidades (véase el Anexo 2):

| <i>Ángulo de elevación con respecto a la OSG, ϵ</i> | <i>Aumento de la densidad de p.i.r.e. (dB)</i> |
|---|--|
| $\epsilon \leq 5^\circ$ | 2,5 |
| $5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ$ | $0,1(25 - \epsilon) + 0,5$ |

NOTA 19 – Los niveles indicados en el *recomienda* 3 pueden ser rebasados por las portadoras de telemando y telemedida transmitidas a los satélites del SFS OSG en los modos de funcionamiento normal y de emergencia. Con funcionamiento en modo normal, estos niveles pueden rebasarse en 16 dB. En el caso de estaciones terrenas que funcionan con portadoras de telemando y telemedida en la banda de 29,5-30 GHz son necesarios más estudios.

NOTA 20 – La definición de los máximos niveles de densidad de p.i.r.e. fuera del eje recomendados para las estaciones terrenas que funcionan con redes OSG en la banda de frecuencias 27,5-29,5 GHz exige tener en cuenta las actuales redes OSG y el entorno de compartición de esta banda con otros servicios.

NOTA 21 – Los niveles que aparecen en el *recomienda* 4 se han elaborado basándose en los niveles de p.i.r.e. requeridos para lograr los objetivos de calidad de funcionamiento de la mayoría de los sistemas digitales del SFS OSG, excluyendo algunas de las redes definidas en la Nota 16. Sin embargo, estos niveles pueden provocar un mayor nivel de interferencia en ciertos sistemas digitales que utilizan haces puntuales múltiples y antenas de estación terrena pequeñas y que funcionan en un entorno de escasa separación orbital. No se han tenido en cuenta los sistemas analógicos.

NOTA 22 – En los valores del *recomienda* 4 aplicables a la gama de ángulos con respecto al eje entre 48° y 180° se han tenido en cuenta los efectos del desbordamiento. Se necesitan más estudios sobre la gama de ángulos con respecto al eje en la que aparecen estos efectos.

ANEXO 1

1 Introducción

La interferencia producida por un transmisor de estación terrena en los receptores de satélite de otras redes puede relacionarse directamente con la densidad de la p.i.r.e. espectral fuera del eje de la antena de la estación terrena interferente. Es función no sólo de las características de los lóbulos laterales de la antena de la estación terrena sino del nivel de potencia del transmisor y de su densidad espectral, que a su vez está influida por el diseño global del sistema de satélites.

La determinación de un límite recomendado para la densidad espectral de la p.i.r.e. fuera del eje del haz principal puede abordarse desde una doble perspectiva:

- limitación del nivel de interferencia causada a otro satélite, teniendo especialmente en cuenta la interferencia producida en las redes cuyas estaciones terrenas están dotadas de grandes antenas;
- determinación de la p.i.r.e. dentro del eje del haz principal que deben tener las estaciones terrenas, especialmente aquellas que tienen antenas relativamente pequeñas, y examen de la ganancia previsible dentro y fuera del eje del haz principal de dichas antenas.

2 Consideración de un límite de densidad de la p.i.r.e. fuera del eje para la banda en 6 GHz

Partiendo de ambos puntos de vista, mencionados más arriba, se ha llegado a la conclusión de que el límite recomendado para el enlace ascendente en una frecuencia de alrededor de 6 GHz debería expresarse de la forma que se indica a continuación.

Para cualquier ángulo, φ , igual o superior a $2,5^\circ$ respecto del eje del haz principal de la antena de una estación terrena, la p.i.r.e. por 4 kHz en cualquier dirección a 3° o menos de la órbita de los satélites geoestacionarios no debe ser superior a los valores siguientes:

| <i>Ángulo fuera del eje</i> | <i>Máximo valor de la p.i.r.e. por 4 kHz</i> |
|--|--|
| $2,5^\circ \leq \varphi \leq 25^\circ$ | $(E - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz) |
| $25^\circ < \varphi \leq 180^\circ$ | $(E - 35)$ dB(W/4 kHz) |

En esta expresión el valor de E debe estar comprendido entre 32,0 y 38,5 y ser lo más reducido posible, variando de una banda de frecuencias a otra. Para algunas aplicaciones de sistemas de satélites, puede ser conveniente establecer un límite de densidad de la p.i.r.e. fuera del eje utilizando un valor más estricto de E (por ejemplo, 32) en la región angular cercana (por ejemplo, para $\varphi \leq 7^\circ$) y entonces disminuir el valor de E para los ángulos respecto al eje del haz principal superiores. Este tipo de límite escalonado puede reducir la radiación fuera del eje en aquellas regiones angulares en las que el valor sería más efectivo al limitar la interferencia a los satélites adyacentes.

Desde el punto de vista de la interferencia tolerable en una red de satélites cuyas estaciones terrenas están dotadas de grandes antenas, cabe observar que para $E = 38,5$, una estación terrena podría radiar a 5° respecto al eje una p.i.r.e. con una densidad máxima de 21,0 dB(W/4 kHz).

Desde el punto de vista de las necesidades razonables de las estaciones terrenas con antenas pequeñas, pueden considerarse los cuatro casos siguientes:

Caso 1: Portadora MF de gran potencia – estación grande.

Caso 2: Televisión MF – estación pequeña (antena global del satélite).

Caso 3: Televisión MF – enlace ascendente del satélite de radiodifusión.

Caso 4: SCPC – banda estrecha.

Suponiendo que:

- la temperatura de ruido del satélite es $\leq 3\,000$ K;
- la ganancia de la antena del satélite es ≥ 16 dB;
- la antena de la estación terrena se ajusta a la Recomendación UIT-R S.465 para ángulos respecto al eje del haz principal inferiores a 25° , pero la envolvente de los lóbulos laterales tiene un nivel constante de -3 dBi para ángulos superiores a 25° ;
- $10 \log$ (temperatura de ruido de la estación terrena) ≥ 19 .

(El Cuadro 1 muestra los valores de la mínima densidad de potencia para un ángulo de 5° con relación al eje.)

Al parecer, el peor caso de interferencia es el del Caso 2, en el que se tiene una ganancia de 53 dB que corresponde a una antena de 10 m de diámetro. Se necesita un transmisor con una potencia de unos 500 W. Con una mejora de 27 dB por dispersión (2 MHz), la densidad de potencia nominal transmitida sería de 0 dB(W/4 kHz), con lo que se llega a una radiación fuera del eje del haz principal de 14,5 dB(W/4 kHz) para $\varphi = 5^\circ$.

Aunque en el Caso 4 se indica un valor análogo para la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje del haz principal, hay que tener en cuenta otros factores. En el caso de SCPC, se trata de portadoras de bajo nivel con una potencia nominal de transmisión en la estación terrena de 63,5 dB(W/canal). Teniendo en cuenta que en el caso de la televisión la dispersión se efectúa únicamente a baja velocidad (25 ó 30 Hz), se estima que la potencia total de la portadora ha de considerarse como interferencia impulsiva. En este caso, para 5° , la relación C/I será de 22 dB en el enlace ascendente y de 13 dB en el enlace descendente. Aunque no existen criterios sobre la interferencia en estos casos, en ciertos estudios se ha adoptado para la interferencia impulsiva una relación global C/I de 20 dB. Reconociendo la grave incompatibilidad de esta situación, se llega a la conclusión de que no puede obtenerse razonablemente la protección adecuada, ni por separación entre satélites ni limitando más estrictamente la p.i.r.e., ya que predomina el enlace descendente. Una solución consiste en restringir la utilización de los dos tipos de señales, de manera que, si en los enlaces ascendente y

descendente interviene el servicio fijo por satélite, dichas señales deberán estar también separadas en frecuencia. Una segunda solución que disminuiría considerablemente el problema consiste en aplicar un método diferente de dispersión de energía de la portadora de televisión, transformando las señales de vídeo.

CUADRO 1

Mínima densidad de la p.i.r.e. fuera del eje del haz principal para portadoras típicas

| | MDF-MF 1 332 canales 36 MHz de anchura de banda RF | TV-MF | TV-MF Enlace ascendente del satélite de radiodifusión | SCPC global |
|---|---|-------|---|----------------|
| G/T del satélite (dB(K ⁻¹)) | -7 | -17 | 0 | -17 |
| C/T del enlace ascendente (dB(W/K)) | -125 | -137 | -134 | -154 |
| p.i.r.e. (dBW) | 82 | 80 | 66 | 63 |
| Ganancia de la antena transmisora de la estación terrena (dB) | 60 | 53 | 46 | 53 |
| Potencia de entrada RF en la antena de la estación terrena (dBW) | 22 | 27 | 20 | 10 |
| Densidad espectral de potencia RF en la entrada de la estación terrena (dB(W/4 kHz)) | -8 | 0 | -4 | 0 |
| E_{5° (dB(W/4 kHz) ⁽¹⁾) | 6,5 | 14,5 | 10,5 | 14,5 |

⁽¹⁾ Radiación para $\varphi = 5^\circ$, en la hipótesis $32 - 25 \log \varphi$.

Dos ejemplos del sistema canadiense de satélites TELESAT, demuestran que, en 6 GHz y con un ángulo con relación al eje de 5° , va asociado un nivel de densidad de p.i.r.e. interferente comprendido aproximadamente entre 17-18 dB(W/4 kHz) para el caso de emisiones del tipo de un solo canal por portadora procedentes de una antena de 4 a 5 m de diámetro, y de emisiones de televisión procedentes de una antena de 10 m de diámetro.

En lo que respecta al Caso 4, en Japón se ha realizado un estudio sobre la densidad de p.i.r.e. fuera del eje por 4 kHz de anchura de banda para la portadora SCPC-MDP del sistema INTELSAT y las portadoras SCPC-MF y SCPC-MDP del sistema MARISAT. Sobre la base de los resultados de los estudios mencionados anteriormente, puede sacarse la conclusión de que, en el caso de una transmisión entre estaciones terrenas de Norma B del sistema INTELSAT, el valor más desfavorable de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje de la estación terrena transmisora es superior en 6 dB a $35 - 25 \log \varphi$ (dB(W/4 kHz)).

Ha de precisarse que tales valores son meros ejemplos ilustrativos tomados de sistemas existentes. En todo caso, no es en función de ninguno de ellos que debe redactarse una Recomendación, sino que por el contrario, los sistemas futuros deben diseñarse para cumplir la Recomendación en su versión definitiva.

Sobre la base de lo expuesto, se extrae la conclusión de que podría protegerse la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios a 6 GHz y emplearse al mismo tiempo estaciones terrenas con antenas de sólo 4 ó 5 m de diámetro, si se aplican los principios siguientes:

- al planificar las frecuencias, se procurará que las transmisiones de televisión en una red no utilicen las mismas frecuencias que las transmisiones telefónicas del tipo de un solo canal por portadora en otra red que trabaje con un satélite cercano;
- en los demás casos, las estaciones terrenas respetarán los límites de la densidad espectral de la p.i.r.e. fuera del eje del haz en la dirección de la órbita de los satélites geoestacionarios, especificados en el segundo párrafo del § 2, estando el valor de E comprendido entre 32,0 y 38,5.

3 Consideración de un límite de densidad de la p.i.r.e. fuera del eje para la banda 10-15 GHz

Al considerar el límite de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje en 10-15 GHz, es razonable suponer que la antena receptora de satélite no proporcionará normalmente una cobertura de ángulo amplio y teniendo ello en cuenta puede existir la posibilidad de utilizar valores más bajos de la p.i.r.e. de la estación terrena y con ello niveles inferiores de radiación fuera del eje que en las bandas de frecuencias más bajas. Sin embargo, ello puede ser contrarrestado por el hecho de que el desvanecimiento por la lluvia será más intenso.

3.1 Método de cálculo de E

En general, la interferencia, I , causada por una estación terrena transmisora a una estación espacial interferida, vista con un ángulo φ° a partir de la transmisión deseada, viene dada por la siguiente fórmula:

$$I = E - 25 \log \varphi - L_{FS} - L_{CA} - L_R + G_s \quad (1)$$

en donde:

- E : constante que ha de determinarse para una fórmula del límite relacionada con la anchura de banda de referencia
- L_{FS} : pérdida en el espacio libre en la frecuencia de transmisión
- L_{CA} : atenuación en cielo despejado
- L_R : atenuación debida a la lluvia (en el caso más desfavorable $L_R = 0$ en condiciones de atmósfera despejada)
- G_s : ganancia de antena del satélite interferido en la dirección de la estación terrena interferente.

La interferencia de enlace ascendente de una sola fuente, I , puede especificarse para que quede limitada a una fracción del ruido térmico del enlace ascendente de la estación espacial interferida. En tal caso:

$$I = 10 \log (k T B) - \Delta \quad (2)$$

donde:

- Δ : relación de potencias ruido térmico/interferencia
- T : temperatura de ruido a la entrada del receptor del satélite
- B : anchura de banda considerada
- k : constante de Boltzmann.

Entonces, en el caso más desfavorable en el que $L_R = 0$:

$$E - 25 \log \varphi = 10 \log k B + L_{FS} + L_{CA} - (G/T)_s - \Delta \quad (3)$$

en donde $(G/T)_s$: factor de calidad del satélite (dB(K⁻¹)).

Si la pérdida en el espacio libre es de 207 dB (14 GHz) y la atenuación en cielo despejado es de 0,5 dB, ello se simplifica para dar:

$$E - 25 \log \varphi = -21,1 - (G/T)_s + B - \Delta \quad (4)$$

Así, conocidos los parámetros φ , $(G/T)_s$, B y Δ , puede determinarse el parámetro E , que define la densidad de la p.i.r.e. admisible de una estación terrena en el ángulo φ° con respecto al eje.

Sin embargo, también deben tenerse en cuenta otros factores al elegir una limitación fuera del eje a la p.i.r.e. de las emisiones de las estaciones terrenas transmisoras en las bandas 10-15 GHz. Uno de esos factores es la necesidad de considerar los márgenes de lluvia en los balances de la p.i.r.e. de estación terrena en tales frecuencias; otro es que la restricción de los valores de densidad de la p.i.r.e. fuera del eje a ciertos límites puede ejercer una influencia significativa en el diámetro de la antena de la estación terrena. En el Cuadro 2a se muestra un ejemplo de cómo varía el diámetro de la antena según el factor E para tres márgenes de lluvia diferentes en el enlace ascendente.

En el Cuadro 2b se da un ejemplo del efecto que sobre el parámetro E tiene la necesidad de tener en cuenta las condiciones de propagación adversas en una región de alto régimen de lluvias (Brasil).

CUADRO 2a

Diámetros de antena requeridos en las estaciones terrenas suponiendo que transmiten televisión y funcionan de manera que se cumplan los valores especificados de densidad de p.i.r.e. fuera del eje

| E (dB(W/40 kHz)) | Diámetro de la antena (m) | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Margen de lluvia 0 dB | Margen de lluvia 3 dB | Margen de lluvia 6 dB |
| 33 | 12 | 17 | 24 |
| 36 | 8 | 12 | 17 |
| 39 | 6 | 8 | 12 |
| 42 | 4 | 6 | 8 |

Suposiciones hechas para obtener los valores del Cuadro 2a:

- portadora de televisión modulada solamente por una señal de dispersión de energía con 2 MHz de cresta a cresta;
- anchura de banda de referencia para $E = 40$ kHz;
- ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena = $29 - 25 \log \phi$ (dBi);
- eficiencia de la antena de la estación terrena del 57 al 65%;
- funcionamiento a 14 GHz;
- C/T requerida en el satélite en condiciones de cielo despejado = -127 dBW(K⁻¹);
- G/T del satélite = -3 dB(K⁻¹).

CUADRO 2b

Ejemplos de incremento de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje para sistemas diseñados para hacer frente a grandes desvanecimientos debidos a la propagación

| Portadora | E (dB(W/40 kHz)) | | | |
|-----------|---------------------------|----------|------------------------------------|----------|
| | Modelo de cielo despejado | | Modelo de desvanecimiento profundo | |
| | $A = 29$ | $A = 32$ | $A = 29$ | $A = 32$ |
| TV-MF | 34 | 37 | 47 | 50 |

Donde la ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena es $A - 25 \log \phi$ (dBi).

Suposiciones hechas para obtener los valores del Cuadro 2b:

- portadora TV con modulación por dispersión de la energía cresta a cresta únicamente a 2 MHz;
- ángulo de elevación de la estación terrena = 60°
- disponibilidad de enlace ascendente mejor que 99,9%;
- funcionamiento a 14 GHz.

3.2 Factores que afectan a E

Además del margen de lluvia incluido en el enlace ascendente «interferente» hay un cierto número de variables que influyen en el valor de E aplicable a los servicios por satélite:

a) *Tipo de portadora «interferente»*

Reconociendo que, en los transpondedores que amplifican múltiples portadoras MF, la densidad espectral de potencia y por ende el potencial de interferencia no varía mucho entre portadoras de diferente capacidad, quizá sea suficiente considerar aquellos casos en los que un transpondedor cursa las siguientes señales:

- múltiples portadoras MDF-MF;
- múltiples portadoras «de elevada densidad» MDF-MF;
- una sola portadora MDF-MF;
- una portadora MIC-MDP-AMDT;
- múltiples portadoras SCPC-MIC-MDP;
- TV-MF, de portadora única, con dispersión de la energía de la portadora de 2 MHz;
- portadoras múltiples SCPC-MF.

La densidad espectral de la p.i.r.e. requerida para el enlace ascendente de cada una de estas portadoras dependerá todavía de si se destina a ser recibido por estaciones receptoras con antenas grandes o pequeñas.

b) *Tipo de portadora «interferida»*

Hay que considerar un abanico de casos similar al de a).

c) *Objetivo de interferencia*

Estudios realizados por el UIT-R mencionan la posibilidad de aumentar la tolerancia a la interferencia con el fin de disminuir la separación entre satélites.

d) *Separación entre satélites*

En el margen entre 10 y 15 GHz existen separaciones de 3° para satélites con la misma zona de cobertura, pero debido al aumento en la demanda de los servicios se está considerando una separación de 2° en determinadas posiciones orbitales.

e) *Zonas de cobertura del satélite «interferido»*

Deben considerarse los valores de G/T del satélite correspondientes a coberturas regionales y nacionales típicas.

f) *Características de ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena «interferente»*

Conforme vayan entrando en servicio diseños mejorados de estaciones terrenas, se reducirán las emisiones fuera del eje.

g) *El margen de lluvia se ha tenido en cuenta en el diseño del enlace ascendente del satélite «interferido»*

La consideración exhaustiva de todos estos factores requerirían millares de combinaciones, y la correspondiente gama de valores de E .

Para obtener esta lista se ha supuesto que se escogerán los valores del diámetro de la antena de la estación terrena y de la potencia transmisora necesarios para conseguir simultáneamente la p.i.r.e. «deseada» en el enlace ascendente y el límite de la p.i.r.e. fuera del eje. Pueden presentarse situaciones en que esto no sea práctico, como por ejemplo, las pequeñas estaciones transportables usadas para suministrar enlaces ascendentes de televisión de corta duración desde diversas ubicaciones de la zona de cobertura de satélite.

El Cuadro 3 da un ejemplo de la relación entre el parámetro E y los factores mencionados c) a f) inclusive. Ambas portadoras, la interferente y la interferida, están moduladas en frecuencia por señales de televisión y se suponen idénticas. Se han elegido combinaciones del tamaño de la antena de la estación terrena y de la potencia del transmisor de manera que se cumpla la exigencia para la p.i.r.e. de la portadora deseada al tiempo que se cumplen los objetivos de interferencia en el enlace ascendente.

Debe notarse que este ejemplo supone dos sistemas de satélite idénticos. Si se incluyeran los casos en que los satélites de los sistemas interferente e interferido tuvieran diferentes valores de G/T resultarían variaciones más amplias en E y en los parámetros de la estación terrena.

CUADRO 3

Valores óptimos de E y parámetros relacionados para interferencia de TV-MF a TV-MF

| G/T del satélite ($\text{dB}(\text{K}^{-1})$) | | -3 | | | | -5 | | | |
|---|-----------------------------|------|-------|----------------------|----------------------|------|------|------|------|
| Separación entre satélites (grados) | | 2 | | 3 | | 2 | | 3 | |
| Objetivos de interferencia (% del ruido térmico en el enlace ascendente) | | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 |
| Ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena 32 – 25 log ϕ | Diámetro de la antena (m) | 10,7 | 6,8 | 6,4 | 4,1 | 26,9 | 17,1 | 16,2 | 10,3 |
| | Potencia del transmisor (W) | 139 | 342 | 382 | 951 | 3,5 | 8,6 | 9,6 | 23,9 |
| Ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena 29 – 25 log ϕ | Diámetro de la antena (m) | 7,6 | 4,8 | 4,6 | 2,9 ⁽¹⁾ | 19,0 | 12,1 | 11,5 | 7,3 |
| | Potencia del transmisor (W) | 287 | 685 | 764 | 1 903 ⁽¹⁾ | 7,0 | 17,2 | 19,2 | 47,8 |
| Ganancia de lóbulos laterales de la estación terrena 26 – 25 log ϕ | Diámetro de la antena (m) | 5,3 | 3,4 | 3,2 ⁽¹⁾ | 2,0 ⁽¹⁾ | 13,4 | 8,5 | 8,1 | 5,1 |
| | Potencia del transmisor (W) | 557 | 1 385 | 1 517 ⁽¹⁾ | 3 794 ⁽¹⁾ | 14,0 | 34,8 | 38,1 | 95,3 |
| Parámetro E de la p.i.r.e. fuera del eje ($\text{dB}(\text{W}/40 \text{ kHz})$) | | 28,4 | 32,4 | 32,8 | 36,8 | 20,4 | 24,4 | 24,8 | 28,8 |

⁽¹⁾ En estos casos se podrían utilizar probablemente antenas mayores y transmisores de menor potencia y, en estas circunstancias, la interferencia estaría dentro de los límites prescritos.

Suposiciones hechas para obtener los valores del Cuadro 3:

- las estaciones terrenas «interferente» e «interferida» tienen un ángulo de elevación de 15°;
- operación a 14 GHz;
- la ganancia de la antena del satélite es la misma para los enlaces ascendentes «interferente» e «interferido»;
- eficiencia de la antena de la estación terrena = 65%;
- 3 dB de atenuación por lluvia en el enlace ascendente del satélite «interferido»;
- C/T del enlace ascendente de la portadora de televisión «interferida» = $-130 \text{ dBW}(\text{K}^{-1})$;
- modulación solamente por la señal de dispersión de energía de 2 MHz de desviación de cresta a cresta.

3.3 Distribución espectral de la portadora TV-MF modulada

Para estudiar los efectos de la interferencia ocasionada a las portadoras de banda estrecha por las portadoras TV-MF moduladas por material radiofónico junto con dispersión de energía, se midieron las características espectrales de una portadora NTSC de 20 MHz. En la Fig. 1 se muestra la distribución de densidad espectral (no rebasada durante diversos porcentajes de tiempo) de la portadora TV modulada por una señal vídeo en directo, con una dispersión de energía que produce una excursión cresta a cresta de 1 MHz.

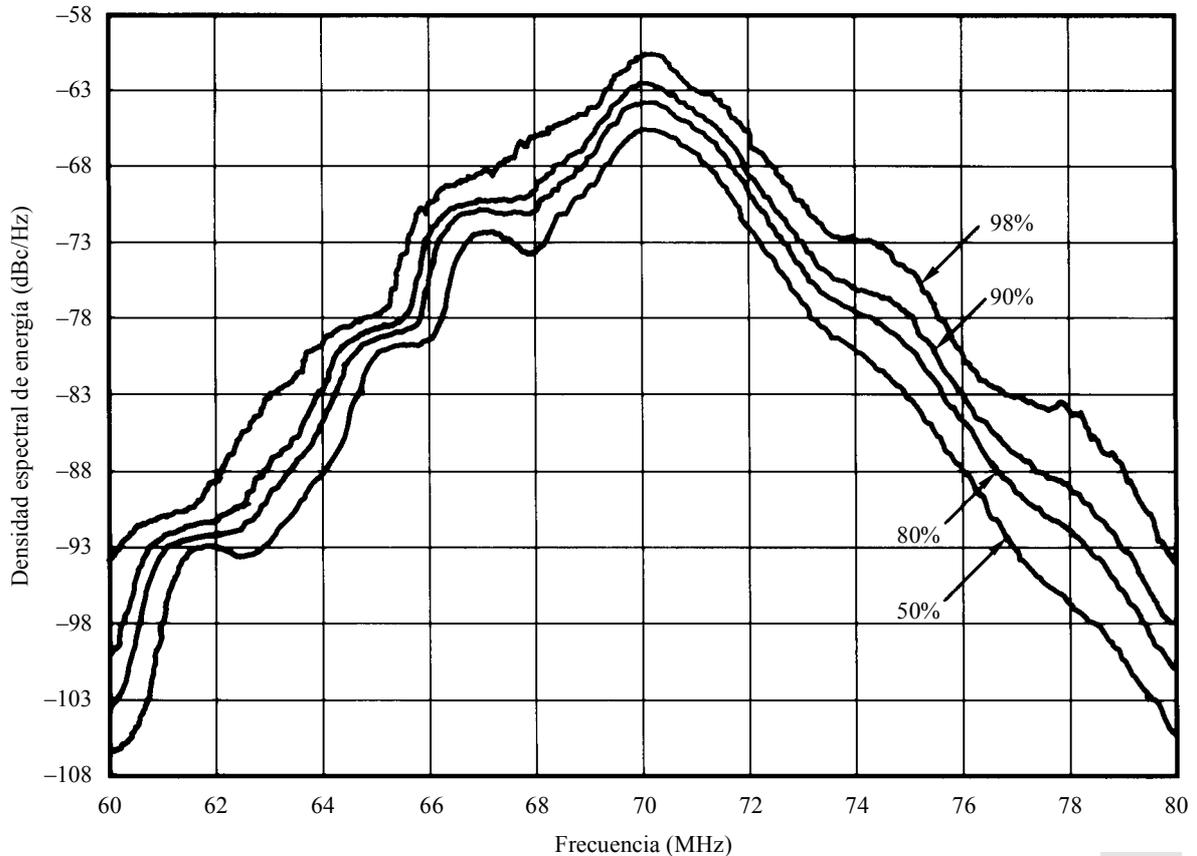
4 Consideración de los límites de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje para la banda de frecuencias 29,5-30 GHz (véase la Nota 1)

4.1 Pruebas que apoyan el recomienda 4

En el momento de redactar este texto hay dos fuentes de datos en la documentación del UIT-R sobre portadoras del SFS OSG que utilizan, o prevén utilizar, la banda de frecuencias 29,5-30 GHz, una es la Recomendación UIT-R S.1328 y la otra es el banco de datos recopilados a partir de las respuestas de las administraciones a los cuestionarios de las Cartas circulares CR/92 y CR/116 (véase la Nota 2) publicados en 1998 y 1999 respectivamente durante la preparación de la CMR-2000 (a partir de ahora se denominará, por conveniencia, banco de datos CR/116).

FIGURA 1

Distribución espectral de una portadora TV-MF de 20 MHz modulada por una señal vídeo NTSC en directo y dispersión de energía de 1 MHz



0524-01

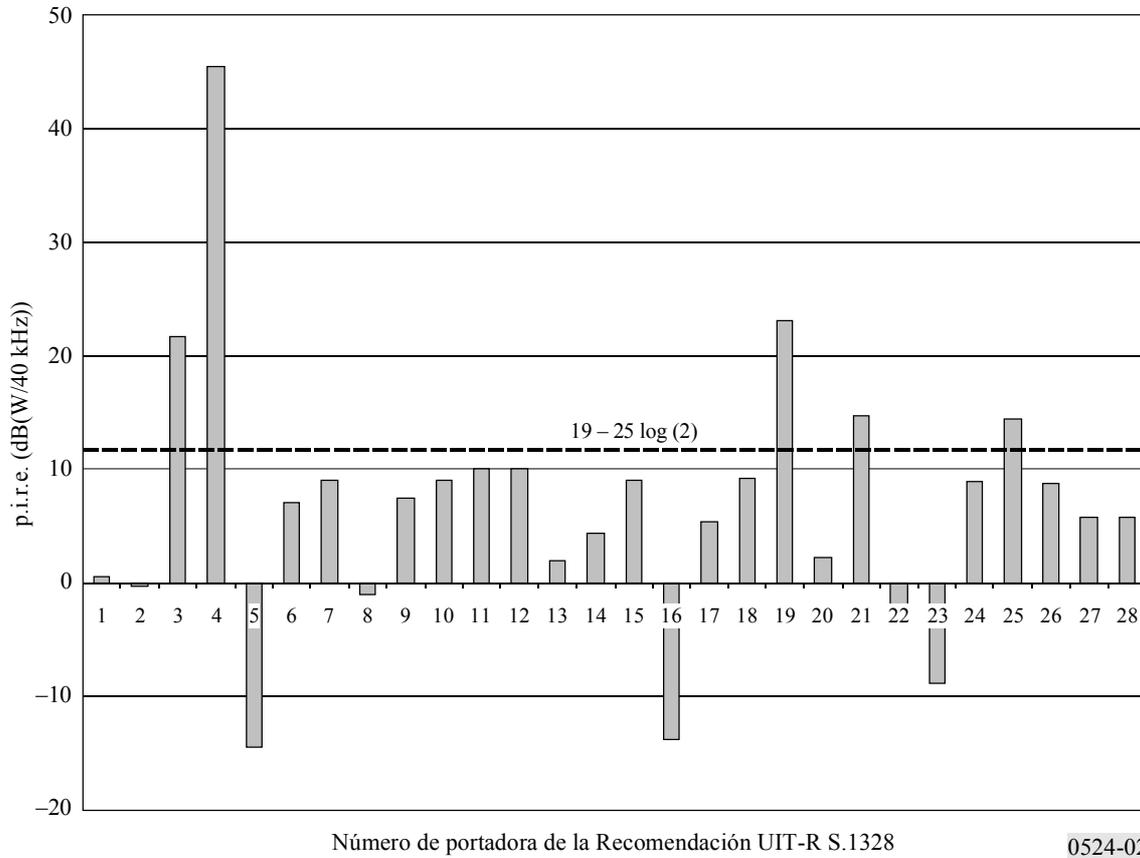
Para la mayoría de sus portadoras del SFS OSG, la Recomendación UIT-R S.1328 contiene información suficiente con la que calcular la densidad espectral de la p.i.r.e. fuera del eje transmitida por la estación terrena de enlace ascendente, si se formulan hipótesis realistas en cuanto al diagrama de radiación de la antena de la estación terrena (por ejemplo, las de la Recomendación UIT-R S.580) para las pocas portadoras en las que falta esta información. También hay datos suficientes para calcular, en cada portadora, la degradación de la relación $(C/N)_\uparrow$ en cielo despejado que sería debida a una estación terrena situada en las proximidades del centro del haz del satélite «deseado», pero que funcionase con un satélite adyacente y cuya densidad de la p.i.r.e. fuera del eje fuese igual a los límites del *recomienda* 4 de esta Recomendación, si se establecen las hipótesis razonables necesarias para el ruido térmico del enlace ascendente y para la interferencia interna. A los efectos que nos ocupan, se supuso una temperatura de ruido térmico del enlace ascendente de 800 K y una relación portadora/interferencia interna del enlace ascendente de 20 dB, para los casos en que la Recomendación UIT-R S.1328 no aporte datos suficientes que permitan deducir uno de estos parámetros.

La información del banco de datos CR/116 en cuanto a todos los enlaces concebidos para utilizar la banda de frecuencias 29,5-30 GHz es totalmente adecuada al cálculo de la degradación del enlace ascendente. No obstante, no puede calcularse la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje de la estación terrena que radiaría a la estación terrena transmisora para ninguno de los enlaces CR/116 porque, aparte de la p.i.r.e. en el eje y el error de puntería, no se incluyen en el banco de datos otros parámetros de dicha estación terrena (por ejemplo, la ganancia de cresta de la antena y el diagrama de lóbulos laterales).

La Fig. 2 muestra la densidad espectral de la p.i.r.e. que radiaría la estación terrena transmisora para cada una de las portadoras de la Recomendación UIT-R S.1328 en la banda de frecuencias 29,5-30 GHz, a 2° del eje. La Fig. 3 da la degradación de la relación $(C/N)_\uparrow$ total en cielo despejado para cada una de las portadoras de la Recomendación UIT-R S.1328 que causaría una interferencia procedente de una estación terrena situada cerca del centro del haz del satélite deseado, transmitiendo a otro satélite separado 2° y 3° , respectivamente, del satélite «deseado» situado en la

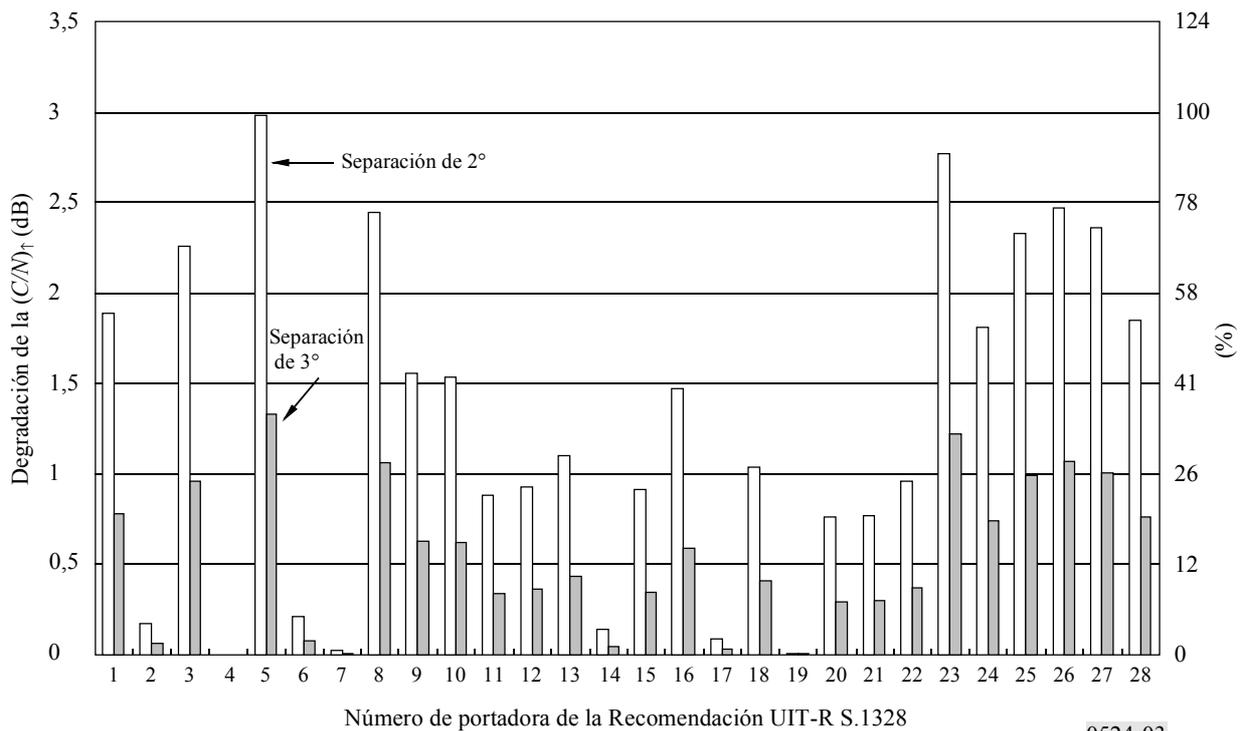
OSG, con los niveles correspondientes a los límites del *recomienda* 4. Los números de portadora indicados en el Cuadro 4 corresponden a los siguientes de la Recomendación UIT-R S.1328:

FIGURA 2
Densidad de la p.i.r.e. producida por las portadoras de la Recomendación UIT-R S.1328 en 29,5-30 GHz, a 2° del eje



0524-02

FIGURA 3
Degradación máxima en la $(C/N)_r$ de las portadoras de la Recomendación UIT-R S.1328, 29,5-30 GHz por la interferencia de una sola fuente al nivel del límite de la p.i.r.e. fuera del eje



0524-03

CUADRO 4

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|----|----|---|----|----|----|---|----|
| OSG portadora N.º | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Cuadro de la Rec. UIT-R S.1328 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| Sistema de la Rec. UIT-R S.1328 | 13 mín | 13 máx | 20 | 30 | F | 11 | 12 | 13 | B | J |

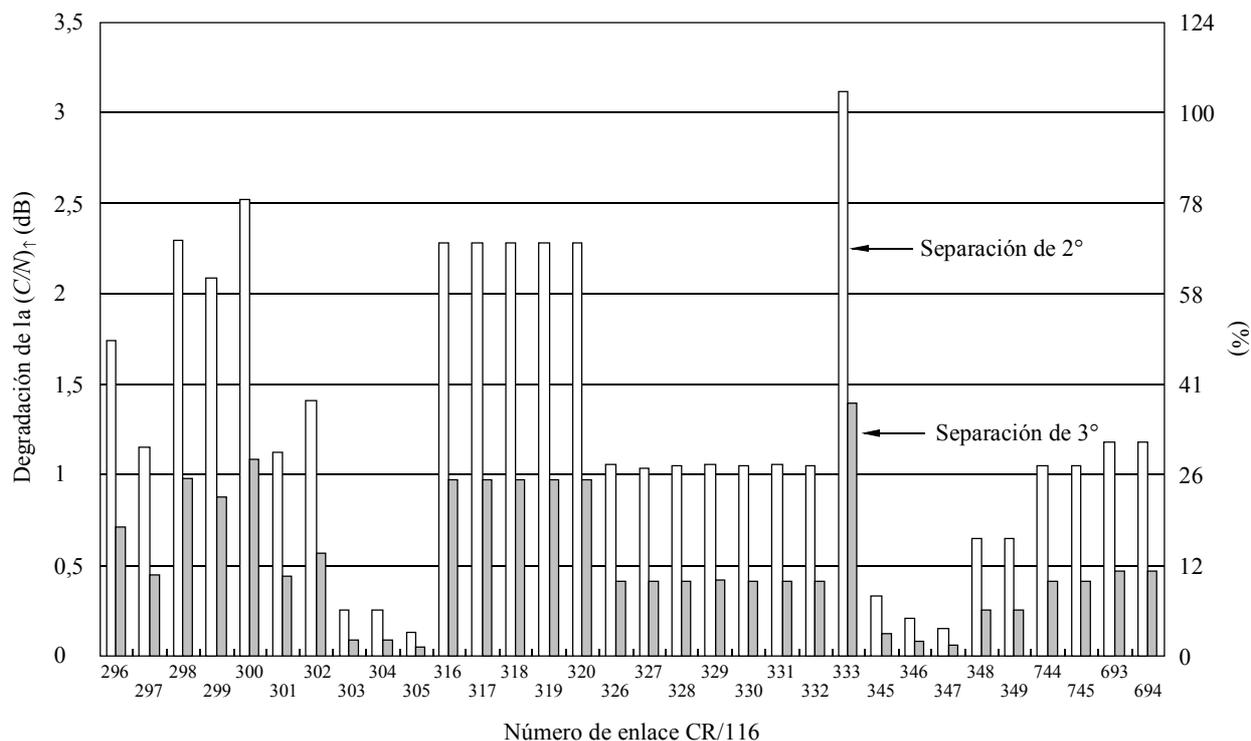
| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| OSG portadora N.º | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Cuadro de la Rec. UIT-R S.1328 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Sistema de la Rec. UIT-R S.1328 | K | L | M | N | S | T | U | V | W | X (máx) |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|------------|------------|------------|------------|
| OSG portadora N.º | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Cuadro de la Rec. UIT-R S.1328 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Sistema de la Rec. UIT-R S.1328 | X (mín) | P Ka-1 | P Ka-2 | P Ka-3 | Q Res. mín | Q Res. máx | Q Bus. mín | Q Bus. máx |

La Fig. 4 da la degradación de la relación $(C/N)_\uparrow$ total con cielo despejado para cada uno de los enlaces CR/116 en la banda de frecuencias 29,5-30 GHz que causaría la interferencia procedente de una estación terrena situada cerca del centro del haz del satélite deseado, transmitiendo a otro satélite separado 2° y 3° , respectivamente, del satélite deseado en la OSG, con los niveles correspondientes a los límites del *recomienda* 4. Los números de enlace indicados son los del banco de datos.

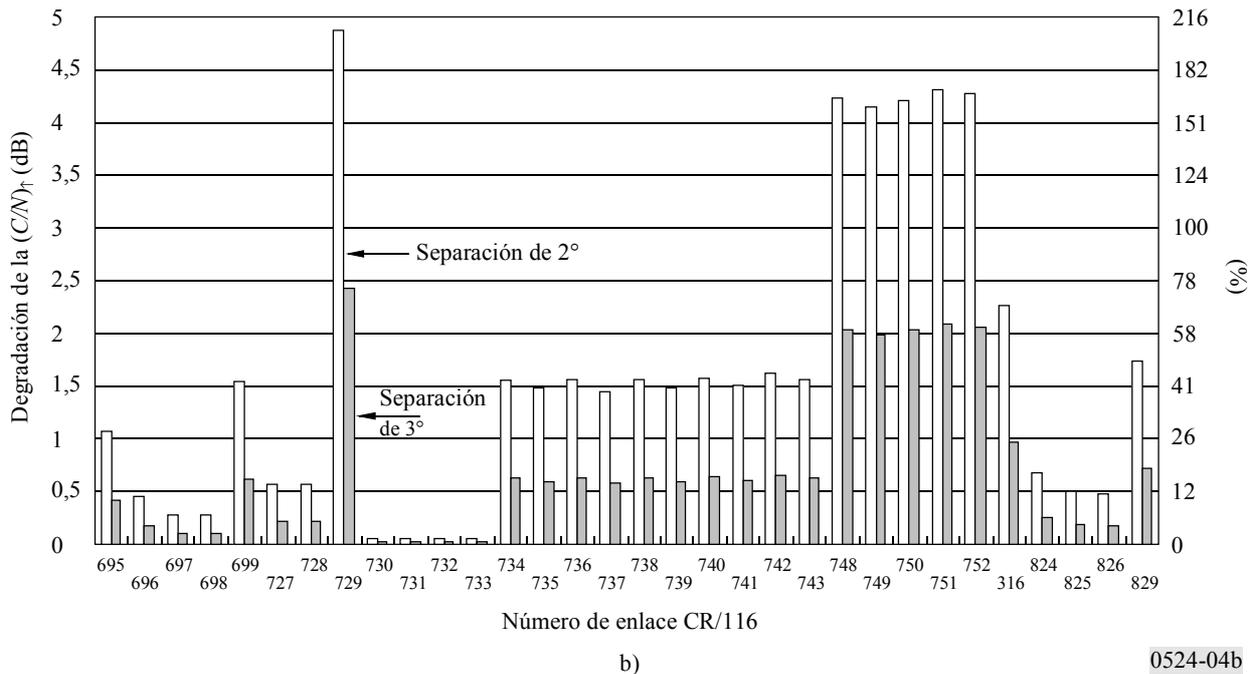
FIGURA 4

Degradación máxima de la $(C/N)_\uparrow$ de los enlaces CR/116 en 29,5-30 GHz debida a la interferencia de una sola fuente al nivel del límite de la p.i.r.e. fuera del eje

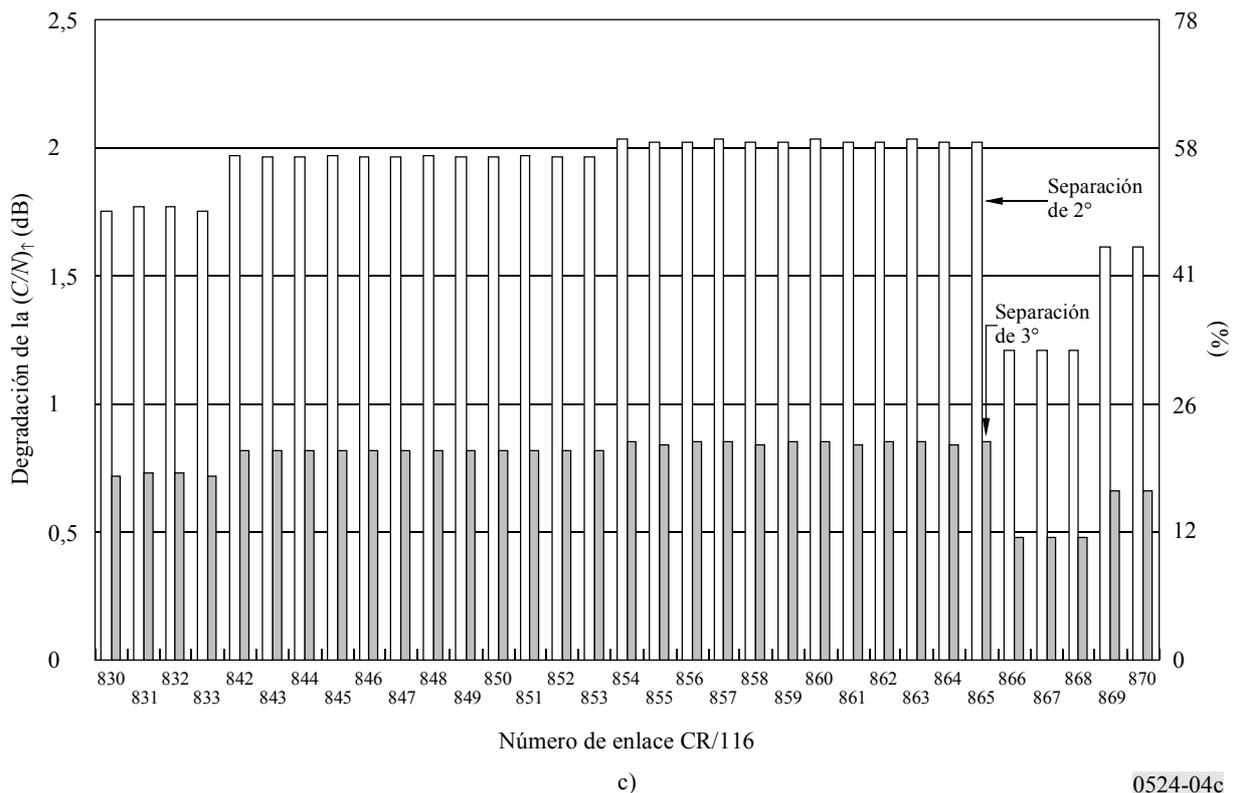


a)

FIGURA 4 (Continuación)



0524-04b



0524-04c

A 2° del eje, el *recomienda 4* describe un límite de la densidad de la p.i.r.e. de 11,47 dB(W/40 kHz). De las 28 portadoras que incluye la Fig. 2, puede verse que 23 – es decir, el 82% – cumplirían dicho límite, y como los únicos diagramas de antena de referencia enumerados en la Recomendación UIT-R S.1328 para las portadoras de 30 GHz son los definidos en la Recomendación UIT-R S.465 o en la Recomendación UIT-R S.580, y ambos siguen la regla de $25 \log(\varphi)$ para los lóbulos laterales próximos, ello indica que en la banda de frecuencias 29,5-30 GHz, es probable que la mayoría de las estaciones terrenas OSG actuales y planificadas cumplan el *recomienda 4*. Puede por tanto llegarse a la conclusión de que los límites del *recomienda 4* no son una restricción desproporcionada para los desarrollos del SFS en esta banda.

De la Fig. 3 puede verse que la interferencia del límite del *recomienda 4* procedente de una estación terrena que funcione con un satélite situado a 2° del satélite deseado degradaría la relación $(C/N)_f$ menos del 58,5% (es decir, 2 dB) en el 75% de las portadoras. De forma similar, la Fig. 3 muestra también que para una separación entre satélites de 3°, la degradación de la $(C/N)_f$ sería del 36% (1,33 dB) para las portadoras más vulnerables de la Recomendación UIT-R S.1328 y sería inferior al 26,0% (1 dB) en el 82% de las portadoras de la Recomendación UIT-R S.1328.

De la Fig. 4 puede deducirse que la interferencia del límite del *recomienda 4* procedente de una estación terrena que funcione con un satélite situado a 2° del satélite deseado degradaría la $(C/N)_f$ en no más del 58,5% o menos, en el 84% de los enlaces CR/116. De forma similar, la Fig. 4 muestra que para la separación entre satélites de 3°, la degradación de la $(C/N)_f$ del enlace ascendente sería del 75% (2,4 dB) para el más vulnerable de los enlaces CR/116 y degradaría la $(C/N)_f$ menos del 26,0% (1 dB) en el 92% de los enlaces CR/116.

Para situar en perspectiva las dos conclusiones de los párrafos precedentes, deben tenerse en cuenta cuatro factores:

- que en la mayor parte de la órbita geostacionaria la separación entre satélites adyacentes que funcionan en la misma frecuencia y con la misma cobertura es de un mínimo de 3° y que incluso en los arcos congestionados, esta separación no es generalmente inferior a 2°;
- que los niveles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje en la región de lóbulos laterales próximos generada por estaciones terrenas que transmiten la mayoría de las portadoras en 29,5-30 GHz, excepto las sujetas al 10% de las crestas de lóbulos laterales que se mencionan en la Nota 15 (véase el § 4.2), sería significativamente inferior a los límites del *recomienda 4*;
- que el 6% del ruido especificado en la Recomendación como criterio de protección a largo plazo del SFS como en las Recomendaciones UIT-R S.523, UIT-R S.735 y UIT-R S.1323, es el nivel umbral de coordinación que fija el RR;
- que si es necesario, suelen aceptarse niveles de interferencia superiores durante el proceso de coordinación.

Por tanto, se considera que los resultados de la degradación del enlace ascendente mencionados anteriormente son la prueba de que los límites de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje del *recomienda 4* da una protección aceptable a los enlaces ascendentes del SFS OSG contra la interferencia procedente de otras redes del SFS OSG y que permiten aumentar la utilización eficaz de la órbita geostacionaria.

Teniendo presente estos factores, los resultados anteriores apoyan la conclusión de que los límites del *recomienda 4* son suficientemente estrictos para permitir una separación entre satélites razonablemente próxima, sin que los sistemas individuales tengan que aceptar niveles desproporcionados de interferencia del enlace ascendente.

NOTA 1 – El proceso que figura en este punto se emprendió para demostrar la solidez de los niveles del *recomienda 4*, aunque no se utilizó para obtener los niveles de dicho punto, y no se propone como nuevo método para la posible utilización en las futuras revisiones de esta Recomendación.

NOTA 2 – Los cuestionarios de las Cartas circulares CR/92 y CR/116 pedían a las administraciones que facilitasen datos sobre sus enlaces del SFS OSG que pudieran tener una repercusión significativa en su calidad, debido a la interferencia procedente de redes del SFS no OSG.

4.2 Otros factores que se tienen en cuenta

4.2.1 Introducción

Al determinar el nivel aceptable de las emisiones fuera del eje, es importante considerar dos puntos. En primer lugar los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje no deben limitar el funcionamiento constante de los actuales sistemas del SFS OSG y el desarrollo de los futuros sistemas del SFS OSG. En segundo lugar, las densidades de la p.i.r.e. fuera del eje deben incluir el margen adecuado para compensar el hecho de que el enfoque normal del UIT-R permite al 10% de los lóbulos laterales de antena rebasar la envolvente nominal.

El *recomienda 4* y las notas correspondientes tienen en cuenta estos dos requisitos. Este Anexo ofrece información de base sobre los factores que se tuvieron en cuenta en los estudios del UIT-R sobre este particular, muestra los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje necesarios para explotar ciertos sistemas del SFS OSG en 30/20 GHz mencionados en esta Recomendación e indica la necesidad de considerar el patrocinio de estos sistemas existentes.

4.2.2 Sistemas del SFS OSG existentes y futuros

Hay varios sistemas actualmente en funcionamiento en las bandas de frecuencias 29,5-30,0/19,7-20,2 GHz, y su número aumenta. Se ofrecerán muchos tipos de servicios para cumplir los múltiples tipos de demandas previstas del mercado. Por tanto, al considerar los niveles aceptables de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje, es necesario tener en cuenta no

sólo los sistemas existentes, sino también los sistemas futuros, a fin de no restringir los diversos servicios que pueden ofrecerse mediante sistemas de satélite.

El Cuadro 5 muestra cuatro ejemplos de tipos de sistema. Los tipos 1 y 2 existen actualmente; los otros están planificados. Los cuatro tipos ya están en funcionamiento, o lo estarán, en Japón, en las bandas de frecuencias 29,5-30,0/19,7-20,2 GHz.

CUADRO 5
Parámetros de los sistemas del SFS OSG existentes y futuros

| Sistema | Tipo 1 | Tipo 2 | Tipo 3 | Tipo 4 |
|--|------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo de servicio | RTPC/ RDSI | Datos en alta velocidad | SNG | RDSI |
| Disponibilidad (%) | 99,8/99,6 | 99,6 | 99,6 | 99,6 |
| C/N requerida (dB) | 11,5 | 9,0 | 8,0 | 12,8 |
| Anchura de banda requerida (kHz) | 25 024 | 100 000 | 21 000 | 8 800 |
| Diámetro de la antena de transmisión (m) | 4,2 | 2,4 | 1,2 | 3,0 |
| Potencia de entrada en el alimentador (W) | 150 | 150 | 15 | 15 |
| Densidad de potencia de entrada en el alimentador (dB(W/40 kHz)) | -6,2 | -12,2 | -15,4 | -11,7 |
| Densidad de potencia máxima de entrada en el alimentador en condiciones de lluvia (dB(W/40 kHz)) | -6,2 | -12,2 | -5,4 | -1,7 |
| Densidades de la p.i.r.e. fuera del eje máximas en condición de cielo despejado ⁽¹⁾ (dB(W/40 kHz); $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$) | $23 - 25 \log \varphi$ | $17 - 25 \log \varphi$ | $14 - 25 \log \varphi$ | $18 - 25 \log \varphi$ |
| Diámetro de la antena de recepción (m) | 11,5/4,2 | 2,4 | 4,2 | 3,0 |
| C/N + I total (dB) | 22,1/19,9 | 13,3 | 11,0 | 17,9 |

⁽¹⁾ Los valores se calculan utilizando un diagrama de lóbulos laterales de antena de tipo $29 - 25 \log \varphi$.

SNG: periodismo electrónico por satélite.

4.2.3 Margen para el exceso de la ganancia de los lóbulos laterales de antena a partir del diagrama de lóbulos laterales

Para calcular las densidades de la p.i.r.e. fuera del eje indicadas en el Cuadro 5 se utilizó un diagrama de lóbulos laterales de antena de tipo $29 - 25 \log \varphi$. No obstante, este diagrama de lóbulos laterales es un objetivo de diseño de la Recomendación UIT-R S.580 que establece que la ganancia del 90% de las crestas de los lóbulos laterales no debe exceder esta envolvente de lóbulos laterales en ninguna dirección dentro de 3° de la OSG. Así pues, el 10% de las crestas de los lóbulos laterales puede rebasar esta envolvente de lóbulos laterales, aun cuando las antenas de la estación terrena cumplan con esta Recomendación. Por tanto, es necesario tener en cuenta algún margen para el exceso al calcular las densidades reales de la p.i.r.e. fuera del eje. La Fig. 5 representa un ejemplo de diagrama de radiación medido en el plano este/oeste de una antena de 2,4 m de diámetro en la banda 30/20 GHz. El exceso máximo respecto a la envolvente de lóbulos laterales de la Recomendación UIT-R S.580 fue de unos 4 dB. Esto significa que se necesita al menos un margen de 4 dB para esta antena a fin de evaluar las densidades de la p.i.r.e. fuera del eje.

Si se utiliza este margen de 4 dB con el margen de control de potencia en el enlace ascendente de 10 dB para todas las condiciones, los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje que no limitan el funcionamiento de los sistemas del SFS OSG mencionados en el punto anterior son los siguientes:

| | | |
|---------------------------|--------------|--|
| 32 - 25 log (φ) | dB(W/40 kHz) | para $2,0^\circ \leq \varphi \leq 7,0^\circ$ |
| 11 | dB(W/40 kHz) | para $7,0^\circ < \varphi \leq 9,2^\circ$ |
| 35 - 25 log (φ) | dB(W/40 kHz) | para $9,2^\circ < \varphi \leq 48^\circ$ |
| -7 | dB(W/40 kHz) | para $\varphi > 48^\circ$ |

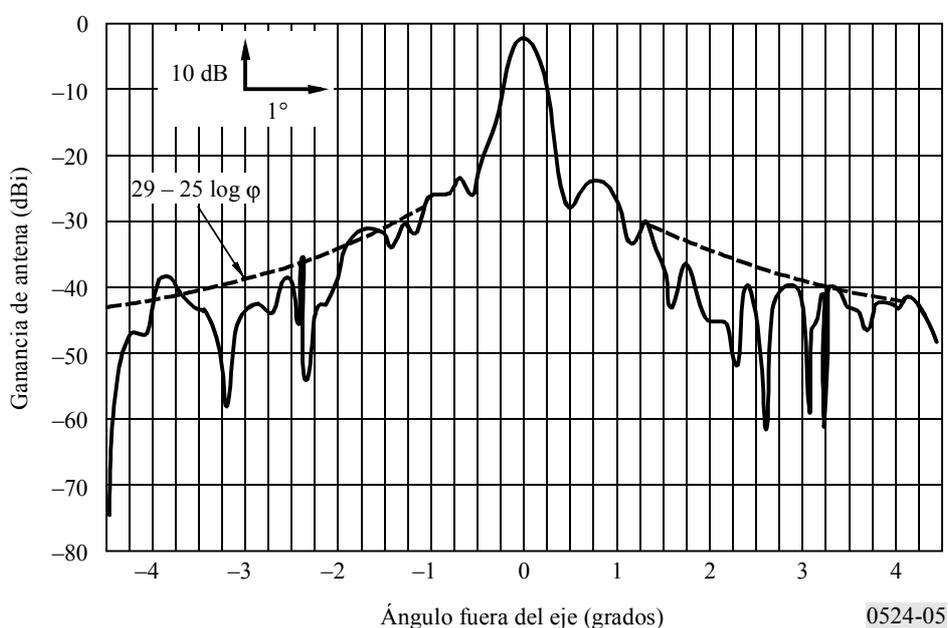
En caso de condiciones de cielo despejado, los niveles máximos admisibles de la densidad de p.i.r.e. fuera del eje que no limitan el funcionamiento de los sistemas del SFS OSG mencionados en el punto anterior son los siguientes:

| | | |
|--------------------------|--------------|--|
| $27 - 25 \log (\varphi)$ | dB(W/40 kHz) | para $2,0^{\circ} \leq \varphi \leq 7,0^{\circ}$ |
| 6 | dB(W/40 kHz) | para $7,0^{\circ} < \varphi \leq 9,2^{\circ}$ |
| $30 - 25 \log (\varphi)$ | dB(W/40 kHz) | para $9,2^{\circ} < \varphi \leq 48^{\circ}$ |
| -12 | dB(W/40 kHz) | para $\varphi > 48^{\circ}$ |

No obstante, se necesitan nuevos estudios para seleccionar el margen adecuado del exceso, porque deben tenerse en cuenta diversos tipos de antena.

FIGURA 5

Ejemplo de diagrama medido de radiación de antena



0524-05

4.2.4 Conclusiones

Este Anexo muestra diversos parámetros de sistema del SFS OSG, un ejemplo de diagrama medido de radiación de antena y los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje que no limitan en el funcionamiento de estos sistemas del SFS OSG.

Los niveles máximos admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje deben seleccionarse de forma que no restrinjan los diversos servicios prestados mediante los sistemas de satélite actuales y futuros. Además, las densidades de la p.i.r.e. fuera del eje deben incluir el margen adecuado del exceso de la ganancia real de lóbulos laterales de la antena a partir de los objetivos de diseño en cuanto a lóbulos laterales de antena que se describen en la Recomendación UIT-R S.580.

Por tanto, al definir los niveles admisibles de la densidad de la p.i.r.e. fuera del eje procedentes de estaciones terrenas del SFS OSG que funcionan en la banda de frecuencias 29,5-30,0 GHz en cualquier dirección dentro de 3° de la OSG, estos parámetros de sistema del SFS OSG y la envolvente de lóbulos laterales deben tomarse como condiciones mínimas a adoptar. Así se ha hecho en la Nota 15 del cuerpo principal de esta Recomendación.

Cuando las nuevas redes deban satisfacer los límites más estrictos, debe preverse el patrocinio de estas redes existentes. Así se ha indicado en la Nota 16 del cuerpo principal de esta Recomendación.

1 Introducción

Utilizando la fórmula indicada en la Nota 18 del cuerpo principal de esta Recomendación para obtener el aumento, en el caso de terminales con ángulos de elevación bajos, por encima del máximo de nivel de p.i.r.e. fuera del eje transmitido en la banda de frecuencias 29,5-30,0 GHz (véase la Nota 1), la gama entre los valores máximo y mínimo de la dfp recibida en la OSG (desde cualquier punto de la superficie de la Tierra en el que el ángulo de elevación con la OSG es superior a 5°), no debe ser más de 1 dB aproximadamente. Teniendo en cuenta el modelo propuesto para límites de p.i.r.e. fuera del eje en los terminales de estaciones terrenas transmisoras con ángulos de elevación de 30° o inferiores, la variación de la dfp en la OSG en la gama de parámetros atmosféricos considerada es inferior a la diferencia de las pérdidas en el espacio libre (1,32 dB) que se producen en toda la gama de elevaciones.

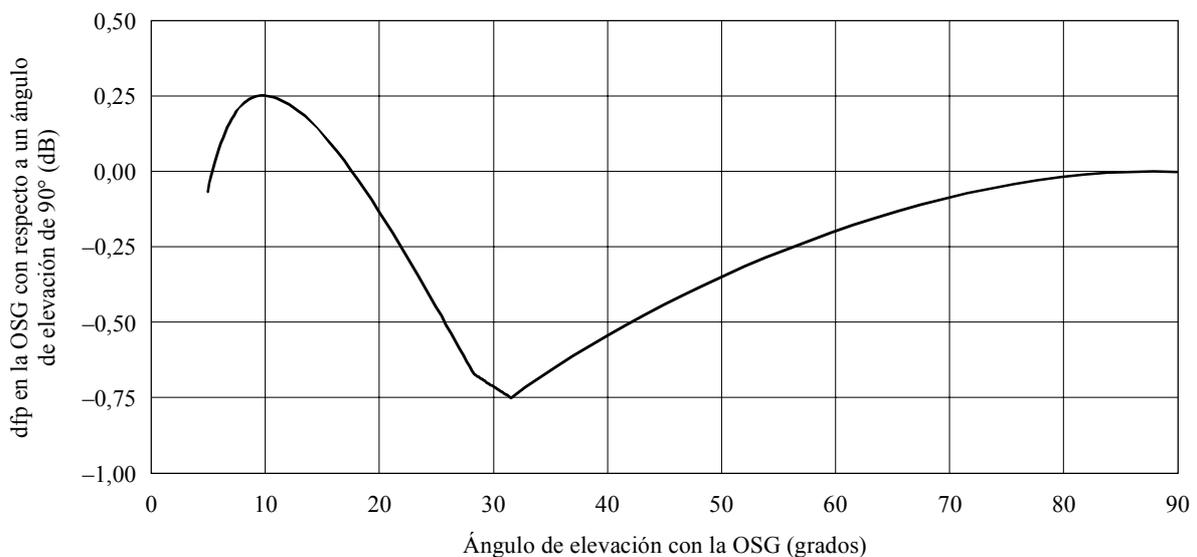
NOTA 1 – La aplicación de la fórmula incluida en la Nota 18 del cuerpo principal de esta Recomendación para estaciones terrenas que funcionan en la banda de frecuencias 27,5-29,5 GHz exige más estudios.

En las bandas de 6 GHz o de 14 GHz los límites de p.i.r.e. fuera del eje que aparecen en los *recomienda* 1 a 3 son independientes del ángulo de elevación. La absorción atmosférica, incluso para ángulos de elevación bajos, es pequeña en estas bandas en comparación con la variación de dfp en la OSG debida únicamente a las pérdidas en el espacio libre. Utilizando el modelo propuesto en la Nota 18 del cuerpo principal de esta Recomendación, la variación de la dfp recibida en la OSG será inferior a la que se produce debido únicamente a las pérdidas en el espacio libre. En consecuencia, las repercusiones que tiene el permitir a los terminales de estación terrena con ángulo de elevación bajo a 30 GHz transmitir con la p.i.r.e. fuera del eje adicional propuesta, en la gama de atmósferas estudiadas, son mínimas con respecto a la coordinación de los enlaces ascendentes cofrecuencia con las redes de satélites geoestacionarios. En atmósferas donde la densidad de vapor de agua, δ , es superior a unos 7,5 g/m³, la dfp de cresta en la OSG, debida a los terminales de estación terrena con ángulo de elevación bajo que realizan la compensación propuesta de la potencia del enlace ascendente, será inferior que en el caso de ángulos mayores de 30° donde no se utiliza ninguna compensación de potencia del enlace ascendente.

Las Figs. 6, 7 y 8 muestran, haciendo uso de la información que aparece en la Recomendación UIT-R P.676, los niveles relativos de dfp recibida en la OSG en función del ángulo de elevación. En los tres casos examinados se supone una elevación del terreno de 0 m (elevación media sobre el nivel del mar) y una presión atmosférica de 1013 hPa.

FIGURA 6

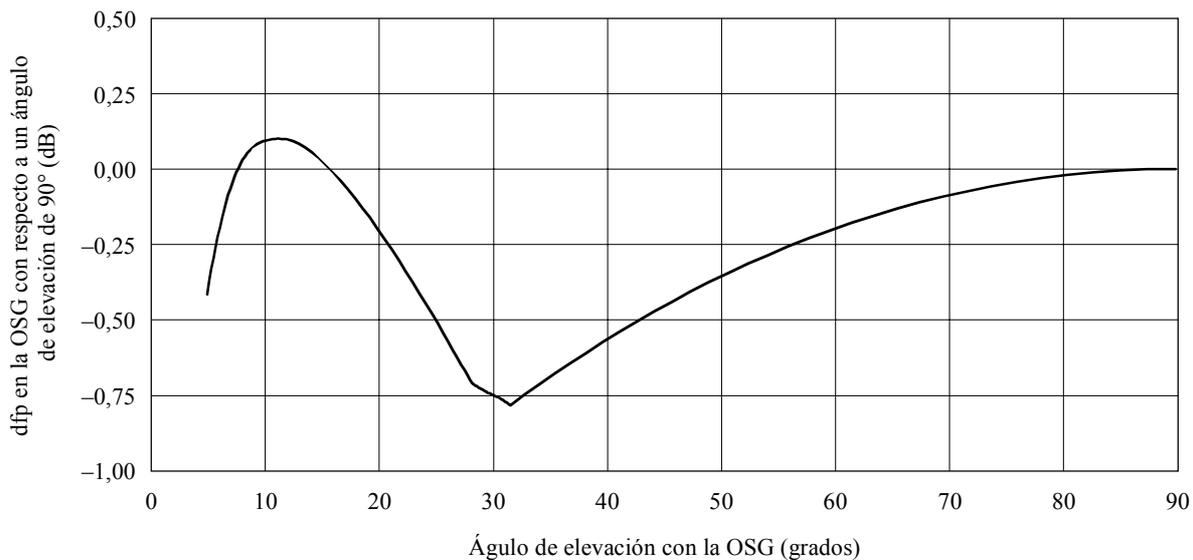
Variación de la dfp recibida en la OSG calculada a la frecuencia de 29,75 GHz



Densidad de vapor de agua = 2,5 g/m³
 Temperatura de la superficie = 10° C

FIGURA 7

Variación de la dfp recibida en la OSG calculada a la frecuencia de 29,75 GHz

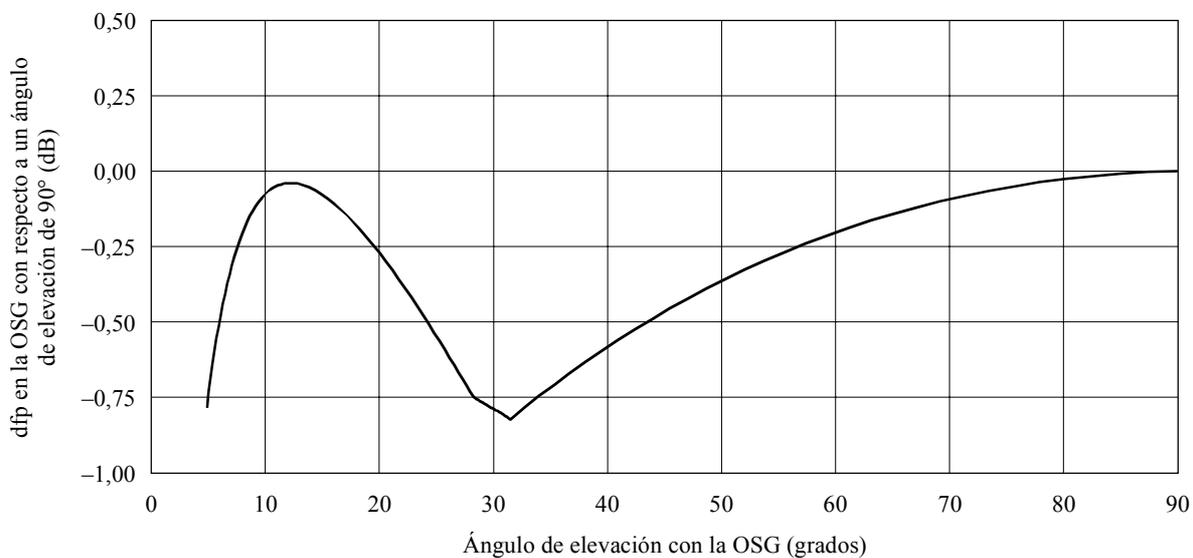


Densidad de vapor de agua = 5,0 g/m³
 Temperatura de la superficie = 15° C

0524-07

FIGURA 8

Variación de la dfp recibida en la OSG calculada a la frecuencia de 29,75 GHz



Densidad de vapor de agua = 7,5 g/m³
 Temperatura de la superficie = 20° C

0524-08
