

RECOMENDACIÓN UIT-R IS.848-1*

**DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE COORDINACIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA
TRANSMISORA QUE UTILIZA LA MISMA BANDA DE FRECUENCIAS QUE ESTACIONES
TERRENAS RECEPTORAS EN BANDAS DE FRECUENCIA
ATRIBUIDAS CON CARÁCTER BIDIRECCIONAL**

(Cuestiones UIT-R 3/12, UIT-R 4/12, UIT-R 5/12 y UIT-R 6/12)

(1992-1993)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que algunas bandas de frecuencia están atribuidas a servicios espaciales tanto en el sentido de transmisión Tierra-espacio como espacio-Tierra;
- b) que, por consiguiente, las estaciones terrenas transmisoras pueden causar interferencia a las estaciones terrenas receptoras;
- c) que, coordinando estos dos tipos de estaciones terrenas, pueden mitigarse o evitarse las interferencias potenciales;
- d) que conviene limitar el número de coordinaciones que hayan de efectuarse;
- e) que se puede definir una zona alrededor de una estación terrena transmisora fuera de la cual una estación terrena receptora sólo se vería afectada por interferencias insignificantes;
- f) que la metodología general de la Recomendación UIT-R IS.847 permite determinar una zona de este tipo, que se denominaría zona de coordinación bidireccional;
- g) que, si se aplica la metodología de la Recomendación UIT-R IS.847 para determinar la zona de coordinación bidireccional, deberán modificarse algunos elementos de dicha metodología,

recomienda

1. que, cuando se atribuyan bandas de frecuencia a servicios espaciales tanto en el sentido de transmisión espacio-Tierra como Tierra-espacio, se determine una zona de coordinación bidireccional para cada estación terrena transmisora;
2. que se utilice la metodología de la Recomendación UIT-R IS.847 para este fin, con excepción de las modificaciones específicas establecidas en el anexo 1 de la misma.

Nota 1 – Dado que la determinación de la zona de coordinación bidireccional estará basada en la Recomendación UIT-R IS.847, parece necesario efectuar revisiones simultáneas de la presente Recomendación o de la Recomendación UIT-R IS.847, a fin de que sigan siendo compatibles.

ANEXO 1

**Determinación de la zona de coordinación bidireccional de una estación terrena
transmisora que funciona con una estación espacial geoestacionaria****1. Introducción**

A continuación se describe un método para determinar las zonas de coordinación bidireccional de una estación terrena que transmita en una banda de frecuencias atribuida a servicios espaciales en ambos sentidos Tierra-espacio y espacio-Tierra; dicho método determinará si es necesaria o no la coordinación entre las estaciones transmisora y receptora.

* Mientras no se finalicen los estudios adecuados, la presente Recomendación no se aplicará a los servicios de radiodeterminación y radionavegación por satélite que funcionan en la banda 1 610-1 626,5 MHz.

El procedimiento es aplicable a las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios, y se emplean los mismos conceptos básicos para la determinación de la zona de coordinación que en la Recomendación UIT-R IS.847. Sin embargo, el método difiere en ciertos aspectos que se examinan en el presente anexo.

Este anexo debe utilizarse junto con el anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847, pues modifica algunos puntos del mismo.

2. Determinación del nivel de umbral de interferencia $P_r(p)$

El nivel del umbral de interferencia de una estación terrena receptora se calcula del mismo modo que se indica en el anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847, con la excepción de que deben utilizarse las siguientes temperaturas de ruido del sistema receptor de la estación terrena:

Gama de frecuencias (GHz)	T_e (K)
1-10	75
10-17	150
> 17	300

Es necesario basarse en esta hipótesis, porque en la Recomendación UIT-R IS.847 la estación terrena receptora sustituye a una estación terrenal receptora; en ambos casos se desconoce la ubicación y las características exactas de la estación.

3. Determinación de G_r para el Modo de propagación (1)

Como no sólo se desconocen las características exactas de la estación terrena receptora, sino también su ubicación precisa, se supone que se encuentra en algún lugar del límite de la zona de coordinación bidireccional y que dicho lugar se halla relativamente próximo, en términos geométricos globales, a la estación terrena transmisora. Por consiguiente, para simplificar se supone que entre las dos estaciones terrenas puede utilizarse simetría plana en vez de esférica y que la estación terrena receptora se encuentra en la misma latitud que la estación terrena transmisora cuya zona de coordinación se trata de determinar.

Como indican las ecuaciones (2) y (6) del anexo 1 a la Recomendación UIT-R IS.847, las ganancias de las antenas transmisora y receptora deben sumarse para cada acimut en un gráfico de acimut común referido a la antena transmisora. Ello permite representar directamente la ganancia de la antena transmisora en función de su acimut, sin olvidar que un acimut dado en la ubicación de la antena transmisora es el acimut opuesto o «inverso» en la ubicación de la antena receptora. Por consiguiente, a un valor de G_t' determinado para cada acimut α de la estación terrena transmisora debe sumarse un valor G_r determinado para el acimut $\alpha' = (\alpha + 180^\circ)$.

La determinación de la ganancia de antena, G_r , de la estación terrena receptora, que en este anexo sustituye a la estación receptora terrenal del anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847, supone que:

- el haz principal no está dirigido hacia el horizonte físico, sino hacia un satélite con cierto ángulo de elevación, quizás grande;
- su dirección está limitada por la posible ubicación de satélites geoestacionarios.

Por lo tanto, para determinar G_r sin conocer la ubicación de la estación terrena receptora, se utiliza el procedimiento descrito en el apéndice 1 del anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847 teniendo en cuenta que en la ecuación (6), $G_e = 42 + \Delta G$.

Como no se conoce de antemano hacia qué posición orbital se dirige el haz de una antena de estación terrena receptora, debe determinarse la ganancia de la antena en la dirección del horizonte para todas las posiciones en la órbita de los satélites geoestacionarios. Además, como se ignora la elevación del horizonte, se utiliza un valor de cero grados para todos los acimuts. Por último, para simplificar se supone que la latitud de la estación terrena receptora es la misma que la de la estación terrena transmisora, cuya zona de coordinación se trata de determinar; esta suposición introduce errores normalmente insignificantes que, en cualquier caso, no rebasarán el valor de 2 dB.

Por consiguiente, debe llevarse a cabo para cada contracimut (α') el procedimiento indicado para el caso 2 del apéndice 1 al anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847, a fin de calcular la ganancia de antena en dirección del horizonte de la estación terrena:

- para todas las posiciones orbitales con ángulos de elevación superior a 3° , utilizando la latitud de la estación terrena transmisora como una aproximación para la latitud de la estación terrena receptora;
- con un ángulo de elevación del horizonte de 0° .

En la fig. 1 se representa un conjunto de curvas que constituyen un ejemplo de distancia mínima angular entre puntos en la órbita de los satélites geoestacionarios y en el plano horizontal, en función del acimut (α) y el contracimut (α'), tomando como parámetro la latitud de la estación (ζ). Utilizando el diagrama de referencia de la antena de la estación terrena que figura en el apéndice 1 al anexo 1 de la Recomendación UIT-R IS.847, puede trazarse el diagrama de la ganancia de antena en dirección del horizonte en función de (α) y (α'). En la fig. 2 se representa un ejemplo de este diagrama.

La hipótesis de un ángulo de elevación del horizonte de 0° es conservadora, pues el aumento de la ganancia de antena debido a una elevación del horizonte quedaría, en la práctica, compensado por un apantallamiento del emplazamiento real que, para el de la antena receptora, debe suponerse igual a cero. Obsérvese que, si bien no puede suponerse ningún apantallamiento de la ubicación de la estación terrena receptora, el apantallamiento que pueda existir en la ubicación de la estación terrena transmisora se considera de la forma normal.

Se incluye a continuación un ejemplo de cómo se agregan las ganancias de antena de $G_{t'}$ y G_r en un trazado de acimut común:

$$\begin{aligned} \alpha &= 192^\circ \\ \alpha + 180^\circ &= 372^\circ (= 360^\circ + 12^\circ) \\ \alpha' &= 12^\circ \end{aligned}$$

Se obtiene $G_{t'} + G_r$ según:

$$G_{t'} + G_r = G_{t'}(\alpha) + G_r(\alpha') \quad \text{dB} \quad (1)$$

para cada acimut α de una estación terrena transmisora, que haya de utilizarse en las ecuaciones (2) y (6) de la Recomendación UIT-R IS.847. Cuando se determine $G_r(\alpha')$ mediante la ecuación (33) y siguientes de la Recomendación UIT-R IS.847, $G_{m\acute{a}x}$ tomará el valor de 42 dBi. (Basándose en la información de la UIT, este valor es la ganancia de antena 1σ (desviación estandar 1) obtenida a partir de una muestra extensa de antenas de estaciones terrenas notificadas, o cuyo valor medio de ganancia en dirección del haz principal es de 50 dBi.)

La fig. 3 ofrece un ejemplo más elaborado de una zona de coordinación determinada por este método. La fig. 4 muestra la suma de las ganancias de antena $G_{t'} + G_r$ del ejemplo de la fig. 3 en un trazado de acimut de una estación terrena transmisora.

FIGURA 1
Ejemplo de distancia angular mínima entre puntos de la órbita de los satélites geostacionarios (OSG) y el plano horizontal

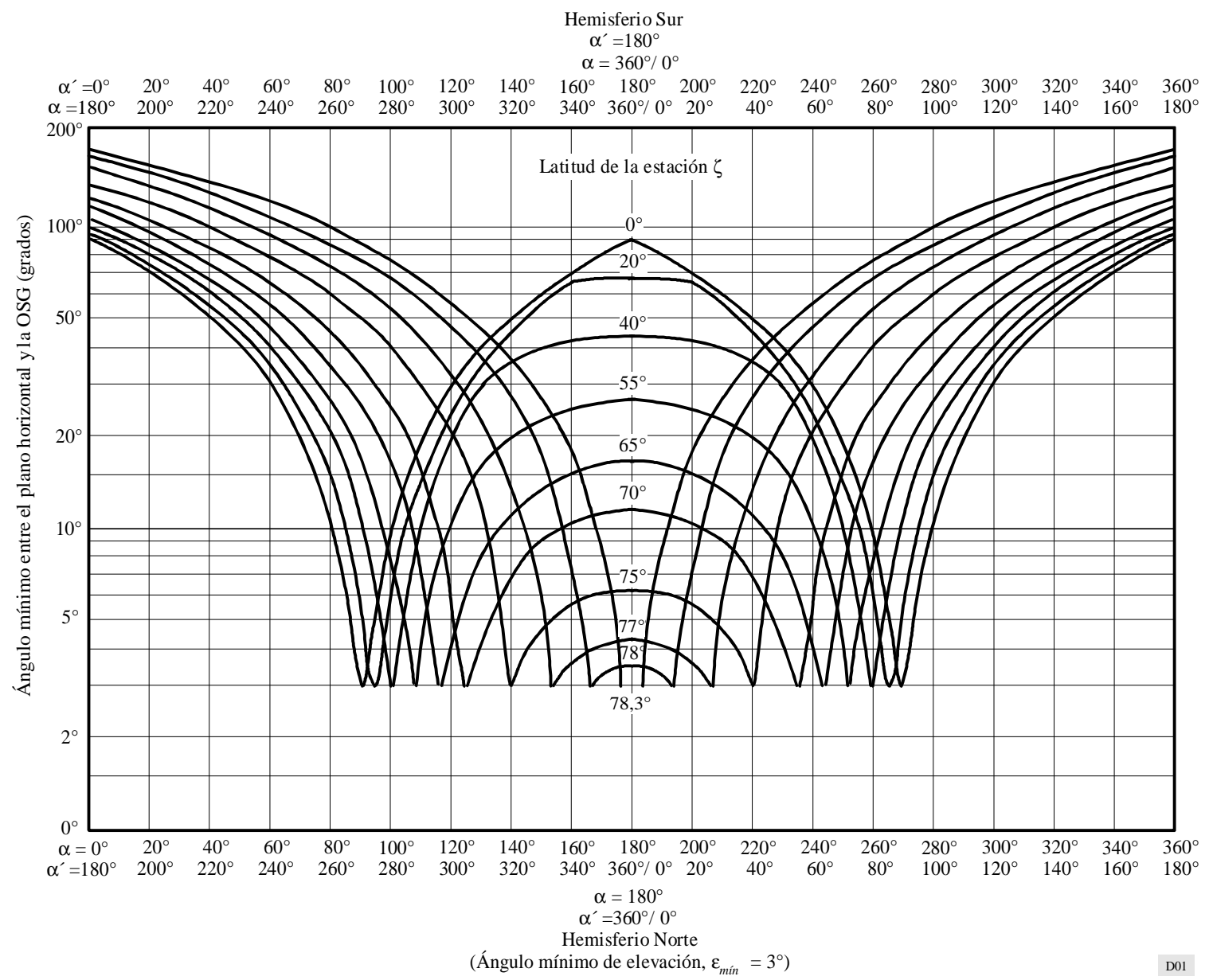
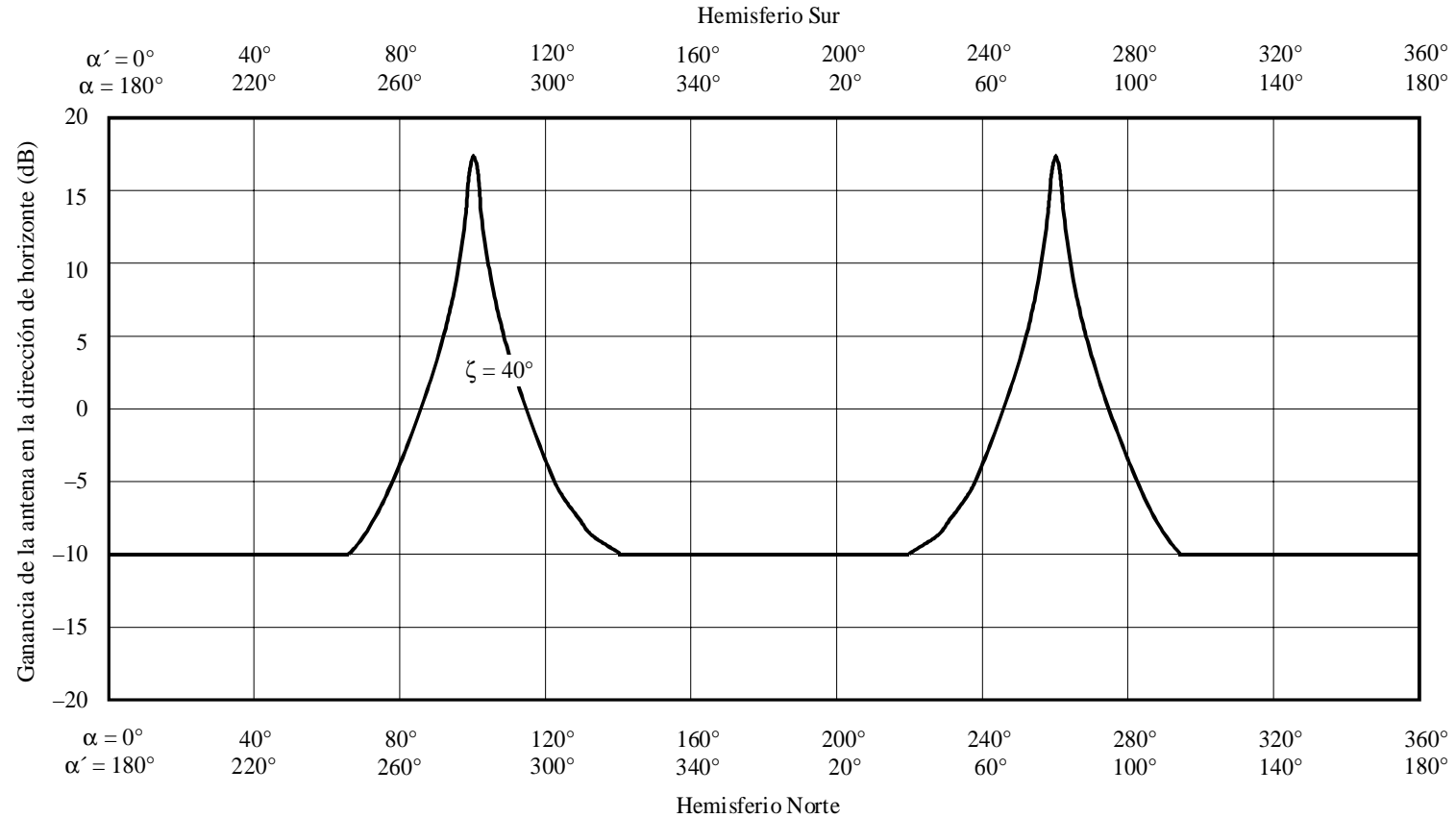


FIGURA 2

Ejemplo de ganancia de la antena en la dirección del horizonte para todo el arco y un ángulo de elevación del horizonte de 0° a 40° de latitud



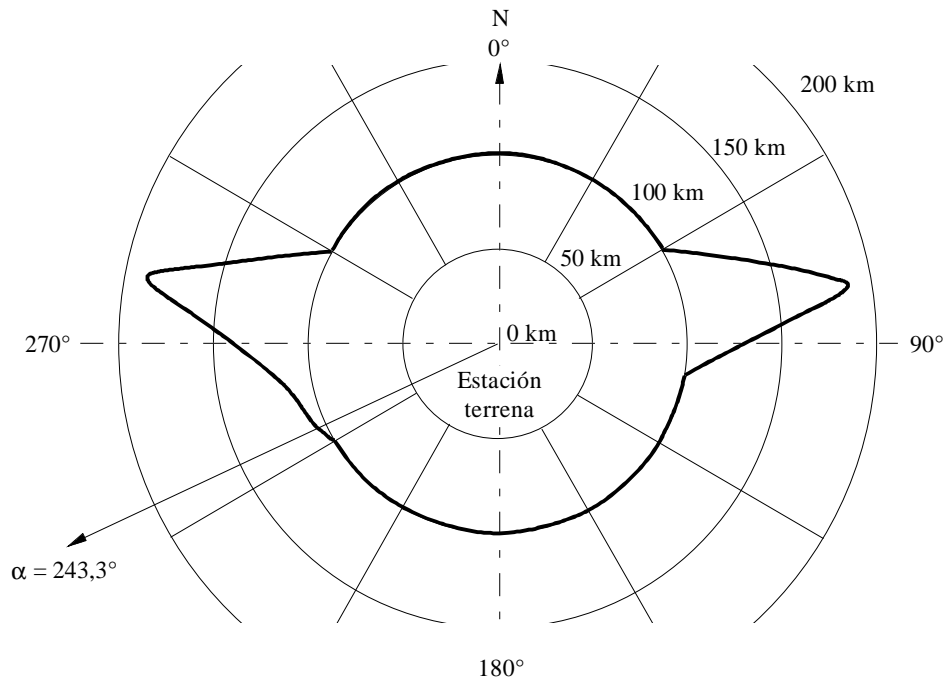
(Ángulo mínimo de elevación del haz principal = 3°)

Se supone que el diagrama de referencia de la antena de la estación terrena satisface la relación siguiente: $G(\theta) = 29 - 25 \log \theta$ (dB)

$\alpha' = (\alpha + 180^\circ)$ módulo (360°)

D02

FIGURA 3
Ejemplo de una zona de coordinación bidireccional de círculo máximo



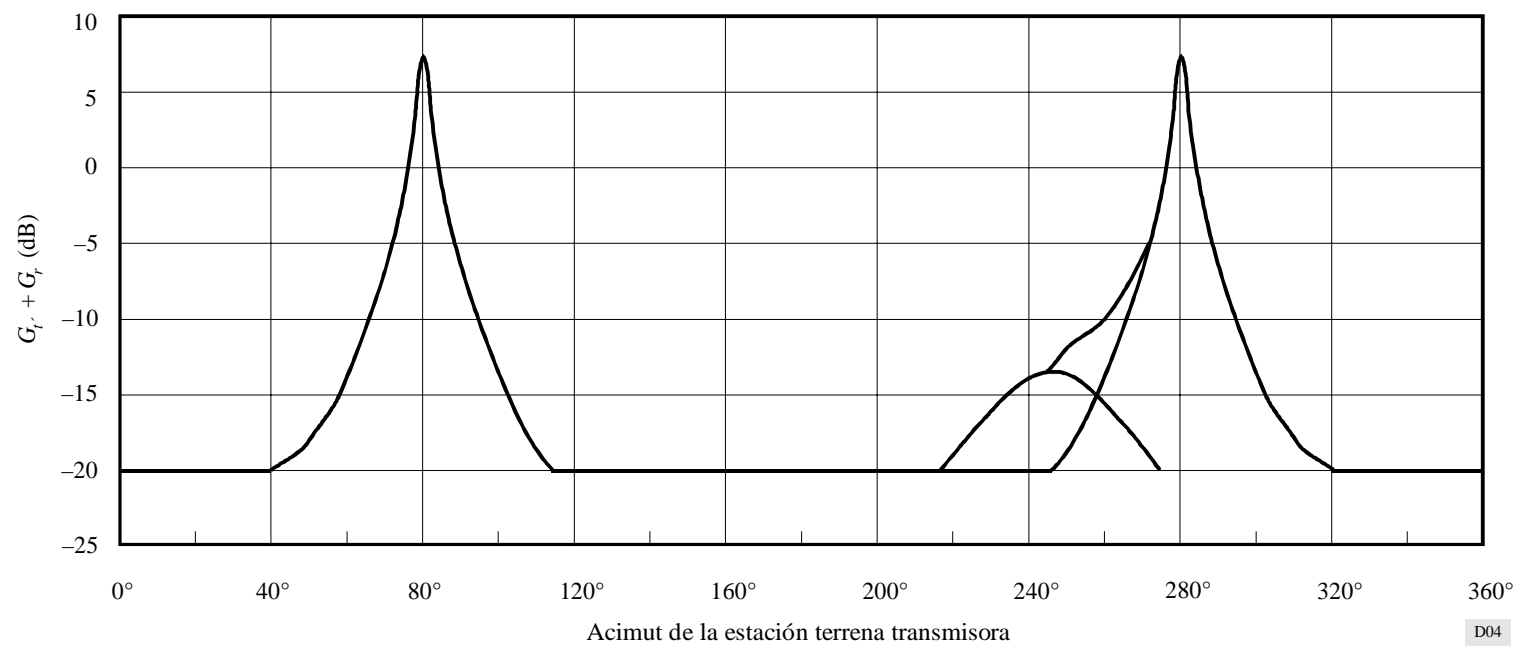
Supuestos para la estación terrena transmisora:

$f = 17 \text{ GHz}$
 $P_r = 40 \text{ dB(W/MHz)}$
 $\zeta = 40^\circ \text{ N}$
 Ángulo de elevación respecto al satélite = 20°
 Acimut respecto al satélite = $243,3^\circ$
 Zona radioclimática = A2
 Ángulo de elevación con el horizonte = 0°

Resultado del cálculo:

$P_r(p)$	= -141,1 dB(W/MHz)	ecuación (3) de la Rec. UIT-R IS.847
p	= 0,003%	cuadro 2 de la Rec. UIT-R IS.847
L_1	= 38,7 = $G_t + G_r$	ecuaciones (6) y (7) de la Rec. UIT-R IS.847
$G_t + G_r$	= véase la fig. 4	para $G_e = 42 + \Delta G$ de la ecuación (6) de la Rec. UIT-R IS.847
β_{dz}	= 0,19102 dB/km	ecuación (12) de la Rec. UIT-R IS.847
β_o	= 0,00903 dB/km	ecuación (13) de la Rec. UIT-R IS.847
β_{vz}	= 0,03631 dB/km	ecuación (14) de la Rec. UIT-R IS.847
d_1	= $L_1 / 0,24636$	ecuación (10) de la Rec. UIT-R IS.847

FIGURA 4
 Ganancia compuesta de la antena en la dirección del horizonte ($G_t + G_r$) para el ejemplo de la fig. 3



D04

4. Determinación de la zona bidireccional en el caso de dispersión por la lluvia

Para determinar la zona bidireccional de una estación terrena transmisora en el caso de dispersión por la lluvia, se procede de la siguiente manera:

Paso 1: Se determinan los ángulos de elevación, ϵ_s , y el acimut α_s , del satélite con el que trabajará la estación terrena. Para una estación terrena que trabaje con un satélite de órbita inclinada, utilícese el ángulo mínimo operacional previsto de elevación de la antena y el acimut asociado.

Paso 2: Se determina la «distancia de intersección del haz», d_s (km), desde la estación terrena al punto en el que el eje del haz alcanza la altitud de la isoterma de 0° h_{FR} , de marcación de la lluvia, a partir de:

$$d_s = 8\,500 \left(\sqrt{\text{tg}^2 \epsilon_s + h_{FR}/4\,250} - \text{tg} \epsilon_s \right) \quad \text{km} \quad (2)$$

$$h_{FR} = \begin{cases} 5 - 0,075(\zeta - 23) & \text{km} & \text{para} & \zeta > 23^\circ \\ 5 & \text{km} & \text{para} & 0^\circ \leq \zeta \leq 23^\circ \\ 5 & \text{km} & \text{para} & 0^\circ \geq \zeta \geq -21^\circ \\ 5 + 0,1(\zeta + 21) & \text{km} & \text{para} & -71^\circ < \zeta \leq -21^\circ \\ 0 & \text{km} & \text{para} & \zeta \leq -71^\circ \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{Hemisferio Norte} \\ \text{Hemisferio Sur} \end{array} \right\} \quad (3)$$

Paso 3: Se marca sobre un mapa de escala adecuada la distancia d_s , en el acimut α_s , a partir de la ubicación de la estación terrena. Este punto indica la ubicación geográfica del punto de intersección del haz y constituye el punto de referencia en torno al cual se forma el contorno de dispersión por la lluvia.

Paso 4: Se determina la distancia máxima de visibilidad, $d_{m\acute{a}x}$, para el punto de intersección del haz, tomándose:

$$d_{m\acute{a}x} = 130,4 \sqrt{h_{FR}} \text{ km } \acute{o} \text{ 100 km} \quad (4)$$

según cuál sea mayor,

y el acimut de referencia, α_r :

$$\alpha_r = \cos^{-1} (0,2069 \text{ tg } \zeta) \quad (5)$$

donde ζ es la latitud del punto de intersección del haz (supuestamente igual a la de la estación terrenal transmisora).

Para latitudes Norte superiores a $78,3^\circ$ y latitudes Sur inferiores a -71° , el contorno de dispersión por la lluvia es un círculo de 100 km de radio ($d_{m\acute{a}x} = 100 \text{ km}$).

Paso 5: A partir del punto de intersección del haz, se marca sobre el mapa la distancia $d_{m\acute{a}x}$ en sobre los dos acimutes α_r y $360^\circ - \alpha_r$.

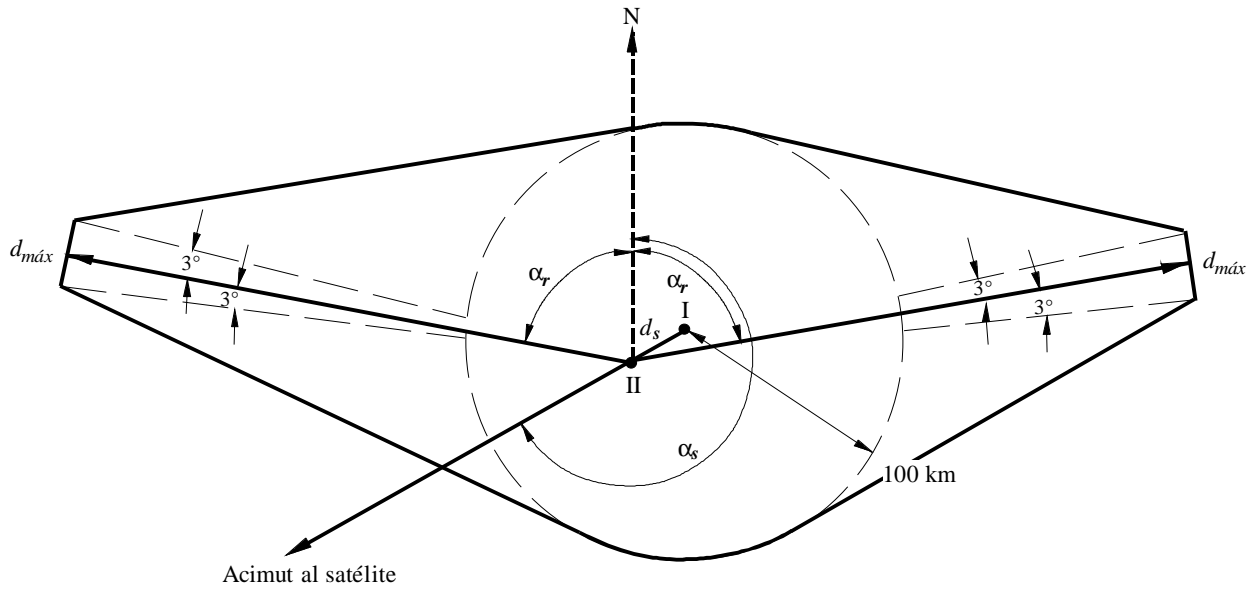
Paso 6: Partiendo de las dos marcas de distancia máxima del paso 5, se trazan en el mapa arcos equidistantes de una anchura de 3° en sentidos levógiro y dextrógiro, con el punto de penetración del haz como centro. Estos dos arcos, cada uno de los cuales tiene una anchura total de 6° , son los primeros límites de la zona bidireccional en el caso de dispersión debida a la lluvia.

Paso 7: Se marca un círculo de 100 km de radio alrededor de la ubicación de la estación terrena y se trazan líneas rectas que, partiendo de los extremos Norte de los dos segmentos de arco, sean tangentes al borde septentrional del círculo de 100 km de radio, y que partiendo de los extremos Sur de los dos segmentos de arco, sean tangentes al borde meridional del círculo de 100 km de radio.

Toda la zona comprendida entre los dos arcos de 6° de anchura, las cuatro líneas rectas y las secciones del círculo de 100 km de radio (de las que siempre hay al menos una) entre los dos puntos de tangencia septentrional y meridional con las líneas rectas, constituye la zona de coordinación bidireccional de dispersión por la lluvia.

La fig. 5 ilustra la construcción de la zona bidireccional de dispersión por la lluvia. (La zona resultante de la dispersión debida a la lluvia contiene los lugares geométricos de todas las ubicaciones de las estaciones terrenas receptoras para los cuales las direcciones hacia la órbita de los satélites geoestacionarios interceptan el eje del haz de la antena de la estación terrena transmisora. Se determinan los límites de la zona estipulando un ángulo mínimo de evitación de intersección del haz de 3°.)

FIGURA 5
Ejemplo de zona de coordinación bidireccional en el caso de dispersión por la lluvia
(no a escala)



- I: Ubicación de la estación terrena transmisora
- II: Punto en que el eje del haz de la antena de la estación terrena penetra en la altitud h_{FR}

Hipótesis:

$$\begin{aligned} \zeta &= 40^\circ \text{ N} \\ \varepsilon_s &= 8^\circ \\ \alpha_s &= 253,6 \end{aligned}$$

Resultados:

$$\begin{aligned} d_s &= 26,2 \text{ km según la ecuación (2)} \\ h_{FR} &= 3,725 \text{ km según la ecuación (3)} \\ d_{m\acute{a}x} &= 251,7 \text{ km según la ecuación (4)} \\ \alpha_r &= 80,0^\circ \text{ según la ecuación (5)} \end{aligned}$$