

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SM.1448
(05/2000)

**Determinación de la zona de coordinación
alrededor de una estación terrena
en las bandas de frecuencias
entre 100 MHz y 105 GHz**

Serie SM
Gestión del espectro



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2011

© UIT 2011

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

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1448^{*,**}**DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE COORDINACIÓN ALREDEDOR DE UNA ESTACIÓN TERRENA EN LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ENTRE 100 MHz Y 105 GHz**

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que existe una posibilidad de interferencia a o desde una estación terrena que comparte, a título primario con igualdad de derechos, las mismas bandas de frecuencias con estaciones terrenales, o con otras estaciones terrenales que funcionan en el sentido de transmisión opuesto;
- b) que para evitar esta interferencia, es conveniente coordinar la estación terrena transmisora o receptora con las estaciones terrenales, o con otras estaciones terrenales que funcionan en el sentido de transmisión opuesto;
- c) que esta coordinación deberá efectuarse dentro de la zona de coordinación que rodea a una estación terrena en el caso de compartición con servicios terrenales, o que rodea a una estación terrena transmisora en el caso de compartición con estaciones terrenales receptoras en bandas atribuidas bidireccionalmente, y que se extiende a distancias más allá de las cuales el nivel de interferencia admisible no será rebasado durante un porcentaje de tiempo específico;
- d) que esta zona puede extenderse al territorio bajo la jurisdicción de otro Estado Miembro y por tanto se requiere la coordinación entre administraciones;
- e) que, antes de un examen detallado, es conveniente establecer los métodos para determinar, sobre la base de hipótesis generales, una zona de coordinación alrededor de una estación terrena coordinadora;
- f) que esta interferencia dependerá de varios factores, a saber, las potencias de transmisión, el tipo de modulación, las ganancias de antena en el sentido del trayecto de interferencia, la variación temporal de la ganancia de antena en el caso de estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales no geostacionarias, la potencia de interferencia admisible en el receptor, los mecanismos de propagación de la onda radioeléctrica, las zonas radiometeorológicas, la movilidad de la estación terrena y la distancia desde la estación terrena;
- g) que es conveniente elaborar y mantener una Recomendación UIT-R adecuada que sirva como texto fuente para la actualización del Apéndice 7 al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) (véanse las Notas 1 y 2),

reconociendo

- a) que las disposiciones del RR establecen los métodos que se han de utilizar para determinar las zonas/distancias de coordinación, incluidas las distancias de coordinación predeterminadas;
- b) los estudios pertinentes del UIT-R;
- c) que otras Recomendaciones UIT-R proporcionan métodos especiales para determinar las zonas/distancias de coordinación para aplicaciones particulares,

recomienda

1 que se utilicen los métodos y parámetros de sistemas descritos en los Anexos 1 y 2 y sus Apéndices para determinar las zonas de coordinación de las estaciones terrenales transmisoras y receptoras (véase la Nota 3).

NOTA 1 – La presente Recomendación se deberá actualizar de acuerdo con las modificaciones del RR resultantes de decisiones de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR).

NOTA 2 – La información de propagación contenida en la presente Recomendación procede de varias Recomendaciones UIT-R de la Serie P previamente mencionadas en la Recomendación UIT-R P.620. Dichas Recomendaciones han sido elaboradas para diversos fines. Sin embargo, el mantenimiento futuro de la información de propagación requiere que se preste especial atención a las posibles consecuencias con respecto a la presente Recomendación.

NOTA 3 – Los métodos para determinar la zona de coordinación en la presente Recomendación difieren de los métodos del Apéndice 30A al RR.

* La presente Recomendación debe señalarse a las Comisiones de Estudio 3, 4, 5, 6 y 7 de Radiocomunicaciones.

** La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2011, de conformidad con la Resolución UIT-R 1-5.

ANEXO 1

Métodos para determinar la zona de coordinación de una estación terrena

ÍNDICE

	<i>Página</i>	
1	Introducción	3
1.1	Visión general.....	3
1.2	Estructura.....	4
1.3	Conceptos básicos.....	4
1.4	Casos de compartición.....	9
1.4.1	Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias.....	9
1.4.2	Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias.....	10
1.4.3	Estaciones terrenas que funcionan tanto con estaciones espaciales geoestacionarias como no geoestacionarias.....	10
1.4.4	Estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente.....	10
1.4.5	Estaciones terrenas del servicio de radiodifusión por satélite.....	11
1.4.6	Estaciones terrenas del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico).....	11
1.4.7	Estaciones terrenas del servicio móvil aeronáutico.....	11
1.4.8	Estaciones terrenas transportables.....	11
1.4.9	Estaciones terrenas fijas explotadas en ubicaciones no especificadas dentro de una zona de servicio definida.....	11
1.5	Conceptos relativos al modelo de propagación.....	11
1.5.1	Modo de propagación (1).....	12
1.5.2	Modo de propagación (2).....	12
1.5.3	Límites de las distancias.....	13
1.6	Contorno de coordinación: Conceptos y trazados.....	13
1.6.1	Contornos suplementarios.....	16
1.6.2	Contornos auxiliares.....	16
2	Determinación de la zona de coordinación de la estación terrena con respecto a estaciones terrenas.....	18
2.1	Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias.....	19
2.1.1	Determinación del contorno del modo de propagación (1) de la estación terrena coordinadora.....	20
2.1.2	Determinación del contorno del modo de propagación (2) de la estación terrena coordinadora.....	20
2.2	Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias.....	20
2.2.1	Determinación de la zona de coordinación utilizando el método TIG.....	21
2.2.2	Determinación de un contorno suplementario mediante el método TVG.....	22
3	Determinación de la zona de coordinación entre estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente.....	23
3.1	Estación terrena coordinadora y estación terrena desconocida que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias.....	24
3.1.1	Determinación del contorno del modo de propagación (1) de la estación terrena coordinadora.....	24
3.1.2	Determinación del contorno de la estación terrena coordinadora en modo de propagación (2).....	24
3.2	Estación terrena coordinadora o estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias.....	25
3.2.1	Estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial geoestacionaria con respecto a estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias.....	25

Página

3.2.2	Estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial no geoestacionaria con respecto a estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias.....	25
3.2.3	Estación terrena coordinadora y estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias.....	25
4	Consideraciones generales para determinar la distancia requerida para el modo de propagación (1).....	26
4.1	Información sobre las zonas radioclimáticas	26
4.2	Distancia de coordinación mínima para los modos de propagación (1) y (2)	26
4.3	Distancia de coordinación máxima para el modo de propagación (1)	27
4.4	Orientación para la aplicación de los procedimientos del modo de propagación (1).....	28
5	Consideraciones generales sobre la determinación de la distancia requerida en el modo de propagación (2).....	29
5.1	Distancia requerida para el modo de propagación (2).....	29

1 Introducción

Este Anexo trata de la determinación de la zona de coordinación alrededor de una estación terrena transmisora o receptora, que comparte espectro en las bandas de frecuencias entre 100 MHz y 105 GHz con servicios de radiocomunicaciones terrenales, o con estaciones terrenas que funcionan en el sentido de transmisión opuesto.

La zona de coordinación representa la zona que rodea a una estación terrena que comparte la misma banda de frecuencias con estaciones terrenales, o la zona que rodea a una estación terrena transmisora que comparte la misma banda de frecuencias atribuida bidireccionalmente con estaciones terrenas receptoras, dentro de la cual el nivel de interferencia admisible puede ser rebasado y, por tanto, se requiere la coordinación. La zona de coordinación se determina sobre la base de las características conocidas de la estación terrena coordinadora y sobre hipótesis prudentes para el trayecto de propagación y para los parámetros de sistema de las estaciones terrenas desconocidas (véanse los Cuadros 14 y 15) o de las estaciones terrenas receptoras desconocidas (Cuadro 16), que comparten la misma banda de frecuencias.

1.1 Visión general

Los Anexos 1 y 2 contienen procedimientos y parámetros de sistema para calcular la zona de coordinación de una estación terrena, y se utilizan cuando el Reglamento de Radiocomunicaciones no especifica otros métodos, incluidas las distancias predeterminadas.

Los procedimientos permiten determinar una distancia en todas las direcciones acimutales alrededor de una estación terrena transmisora o receptora, más allá de la cual cabría esperar que la pérdida de trayecto prevista exceda de un valor indicado para todo el tiempo, salvo un porcentaje de tiempo especificado. Esta distancia se denomina distancia de coordinación. Cuando la distancia de coordinación es determinada para cada acimut alrededor de la estación terrena coordinadora, define un contorno de distancia, denominado el contorno de coordinación, que abarca la zona de coordinación.

Es importante señalar que aunque la determinación de la zona de coordinación se basa en criterios técnicos, representa un concepto reglamentario. Su finalidad es identificar la zona dentro de la cual hay que efectuar evaluaciones detalladas del potencial de interferencia para determinar si la estación terrena coordinadora o cualquiera de las estaciones terrenales, o en el caso de una asignación bidireccional cualquiera de las estaciones terrenas receptoras que comparten la misma banda de frecuencias, experimentarán niveles de interferencia inadmisibles. En consecuencia, la zona de coordinación no es una zona de exclusión dentro de la cual se prohíbe la compartición de frecuencias entre la estación terrena y estaciones terrenales o estaciones terrenas, sino un medio para determinar la zona dentro de la cual hay que realizar cálculos más detallados. En la mayoría de los casos, un análisis más detallado demostrará que la compartición dentro de la zona de coordinación es posible, dado que el procedimiento para determinar la zona de coordinación se basa en hipótesis desfavorables con respecto al riesgo de interferencia.

Para determinar la zona de coordinación, deben considerarse dos casos distintos:

- el caso de la estación terrena, cuando es transmisora y por tanto puede causar interferencia a las estaciones terrenales o estaciones terrenas receptoras;
- el caso de la estación terrena cuando es receptora y por tanto puede recibir interferencia de estaciones terrenales transmisoras.

Se efectúan cálculos distintos separados para los mecanismos de propagación de círculo máximo (modo de propagación (1)) y, si lo requiere el caso de compartición (véase el § 1.4), para la dispersión debida a hidrometeoros (modo de propagación (2)). El contorno de coordinación se determina después utilizando la distancia mayor prevista por los cálculos del modo de propagación (1) y del modo de propagación (2) para cada acimut alrededor de la estación terrena coordinadora. Se producen contornos de coordinación distintos para cada caso de compartición. En el § 1.6 se proporciona orientación y ejemplos de la construcción de contornos de coordinación, y sus contornos componentes de modo de propagación (1) y de modo de propagación (2).

Para facilitar el examen bilateral, puede ser útil calcular contornos adicionales, definiendo zonas más pequeñas, basadas en hipótesis menos moderadas que las utilizadas para el cálculo del contorno de coordinación.

1.2 Estructura

Los procedimientos y la información sobre parámetros de sistema se exponen en dos anexos. Los procedimientos están contenidos en el Anexo 1 y la información sobre parámetros de sistema en el Anexo 2. Además, los principios generales están separados del texto detallado sobre los métodos. Los primeros están contenidos en el cuerpo principal del Anexo 1 y los segundos en una serie de Apéndices a dicho Anexo. Esta estructura permite que cada sección del Anexo 1 y cada Apéndice trate de un aspecto específico de los cálculos de la zona de coordinación. Permite también al usuario seleccionar solamente aquellas secciones que son pertinentes para un caso de compartición específico.

La Fig. 1 y el Cuadro 1 se proporcionan para ayudar al usuario a utilizar los Anexos y los Apéndices. El Cuadro 1 indica también las secciones pertinentes que tienen que ser examinadas para un caso de coordinación específico.

1.3 Conceptos básicos

La determinación de la zona de coordinación se basa en el concepto de la potencia de interferencia admisible en los terminales de la antena de una estación receptora terrenal o terrena. Por consiguiente, la atenuación requerida para limitar el nivel de interferencia entre una estación transmisora terrenal o terrena y una estación receptora terrenal o terrena a la potencia de interferencia admisible durante $p\%$ del tiempo se representa mediante la «atenuación requerida mínima», que es la atenuación que tiene que ser igualada o rebasada por la pérdida prevista en el trayecto durante todo el tiempo, salvo el $p\%$ (cuando p es un pequeño porcentaje de tiempo, comprendido entre el 0,001% y el 1,0%, la interferencia se denomina «a corto plazo»; si $p \geq 20\%$, se denomina «a largo plazo» (véase el § 1.5.3)).

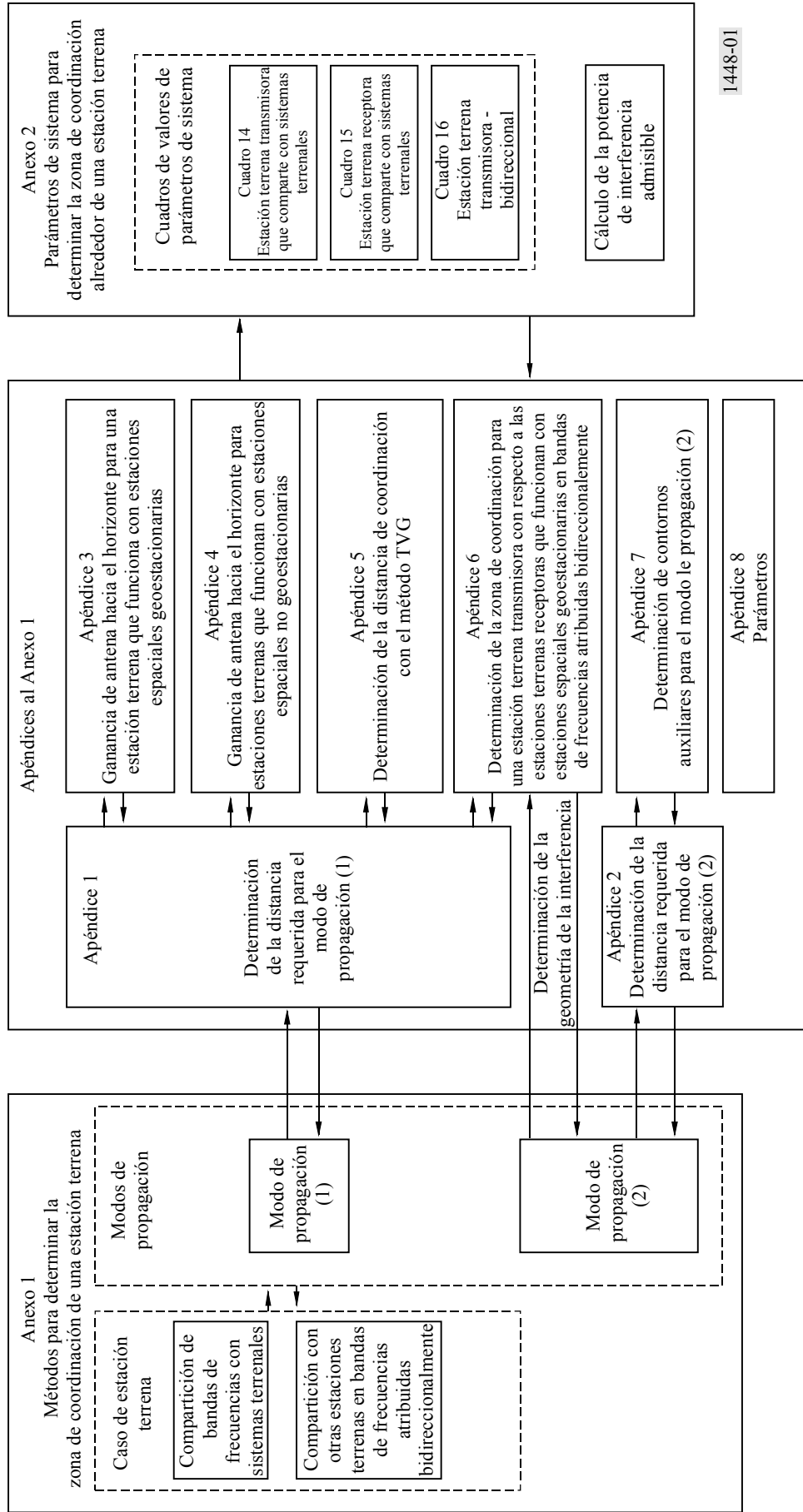
Para el modo de propagación (1), se aplica la siguiente ecuación:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (1)$$

donde:

- p : porcentaje de tiempo máximo durante el cual la potencia de interferencia admisible puede ser rebasada
- $L_b(p)$: atenuación requerida mínima (dB) del modo de propagación (1) durante el $p\%$ del tiempo; este valor debe ser rebasado por la pérdida prevista en el trayecto del modo de propagación (1) durante todo el tiempo, salvo el $p\%$
- P_t : nivel de potencia transmisora disponible máxima (dBW) en la anchura de banda de referencia en los terminales de la antena de una estación transmisora terrenal o terrena
- $P_r(p)$: potencia de interferencia admisible de una emisión interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no será rebasada durante más del $p\%$ en los terminales de la antena de una estación receptora terrenal o terrena que puede sufrir interferencia, cuando la emisión interferente se origina en una sola fuente
- G_t : ganancia (dB con respecto a la ganancia isotrópica) de la antena de la estación transmisora terrenal o terrena. Para una estación terrena transmisora, ésta es la ganancia de antena hacia el horizonte físico en un acimut dado; para una estación terrenal transmisora, se ha de utilizar la ganancia de antena máxima en el eje del haz principal
- G_r : ganancia (dB con respecto a ganancia isotrópica) de la antena receptora de la estación terrenal o estación terrena que puede sufrir interferencia. Para una estación terrena receptora, ésta es la ganancia hacia el horizonte físico en un acimut dado; para una estación terrenal receptora, se ha de utilizar la ganancia de antena máxima en el eje del haz principal.

FIGURA 1
 Visión general de la metodología para determinar la zona de coordinación alrededor de estaciones terrenas



CUADRO 1

Referencia cruzada entre escenarios de compartición y métodos de cálculo

Secciones y Apéndices aplicables al Anexo 1 y al Anexo 2	Escenarios de compartición del § 1.4 del Anexo 1								
	§ 1.4.1 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias	§ 1.4.2 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias ⁽¹⁾	§ 1.4.3 Estaciones terrenas que funcionan tanto con estaciones espaciales geoestacionarias como no geoestacionarias	§ 1.4.4 Estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente	§ 1.4.5 Estaciones terrenas del servicio de radiodifusión por satélite	§ 1.4.6 Estaciones terrenas del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico)	§ 1.4.7 Estaciones terrenas del servicio móvil aeronáutico	§ 1.4.8 Estaciones terrenas transportables	§ 1.4.9 Estaciones terrenas fijas explotadas en ubicaciones no especificadas dentro de una zona de servicio definida
§ 1.3 Conceptos básicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
§ 1.5 Conceptos relativos al modelo de propagación	X	X	X	X	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6
§ 1.6 Contorno de coordinación: Conceptos y trazados	X	X	X	X					
§ 2.1 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias	X		X						
§ 2.2 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias		X	X						
§ 3 Determinación de la zona de coordinación entre estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente				X					
§ 4 Consideraciones generales para determinar la distancia requerida en el modo de propagación (1)	X	X	X	X					
§ 5 Consideraciones generales sobre la determinación de la distancia requerida en el modo de propagación (2)	X		X						
Apéndice 1 Determinación de la distancia requerida para el modo de propagación (1)	X	X	X	X					

CUADRO 1 (Fin)

Secciones y Apéndices aplicables al Anexo 1 y al Anexo 2	Escenarios de compartición del § 1.4 del Anexo 1								
	§ 1.4.1 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias	§ 1.4.2 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias ⁽¹⁾	§ 1.4.3 Estaciones terrenas que funcionan tanto con estaciones espaciales geoestacionarias como no geoestacionarias	§ 1.4.4 Estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente	§ 1.4.5 Estaciones terrenas del servicio de radiodifusión por satélite	§ 1.4.6 Estaciones terrenas del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico)	§ 1.4.7 Estaciones terrenas del servicio móvil aeronáutico	§ 1.4.8 Estaciones terrenas transportables	§ 1.4.9 Estaciones terrenas fijas explotadas en ubicaciones no especificadas dentro de una zona de servicio definida
Apéndice 2 Determinación de la distancia requerida para el modo de propagación (2)	X		X		Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6	Véanse los § 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 ó 1.4.4 según proceda y el § 1.6
Apéndice 3 Ganancia de antena hacia el horizonte para estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias	X		X						
Apéndice 4 Ganancia de antena hacia el horizonte para estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias		X	X	X					
Apéndice 5 Determinación de la distancia de coordinación con el método de TVG		X	X	X					
Apéndice 6 Determinación de la zona de coordinación para una estación terrena transmisora con respecto a estaciones terrenas receptoras que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente				X					
Apéndice 7 Determinación de contornos auxiliares para el modo de propagación (2)	X		X						
Apéndice 8 Parámetros	X	X	X	X					
Anexo 2 Parámetros de sistema para determinar la zona de coordinación alrededor de una estación terrena	X	X	X	X					

⁽¹⁾ Para las estaciones terrenas que utilizan antenas sin seguimiento, se utiliza el procedimiento indicado en el § 2.1. Para las estaciones terrenas que utilizan antenas no directivas, se utilizan los procedimientos del § 2.1.1.

Para el modo de propagación (2), hay un proceso de dispersión de volumen y se precisa una modificación del método anterior. Cuando el haz de la antena de la estación terrena coordinadora intercepta una célula de lluvia, se puede formar un volumen común con un haz de la estación terrenal o un haz de la estación terrena (que funcionan en el sentido de transmisión opuesto en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente). En el caso de una estación terrenal, se supone que la anchura del haz de la estación terrenal es relativamente grande en comparación con el de la estación terrena coordinadora (los valores de ganancia de la estación terrenal figuran en los Cuadros 14 y 15) y que la estación terrenal está a cierta distancia del volumen común. Por tanto, se supone que el haz de la estación terrenal ilumina toda la célula de lluvia, que está representada por un cilindro vertical que contiene hidrometeoros que producen una dispersión isotrópica de las señales. Este proceso de dispersión puede originar el acoplamiento accidental entre la estación terrena coordinadora y las estaciones terrenales, o las estaciones terrenales que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente, a través del volumen común.

La ganancia de la antena de la estación terrena y su anchura de haz son interdependientes. El tamaño del volumen común y el número de señales que han experimentado dispersión en ese volumen aumentan a medida que disminuye la ganancia de antena de la estación terrena que transmite o recibe estas señales, y un efecto compensa el otro. En la ecuación (83) se incluye un término que aproxima la integral completa requerida para evaluar el proceso de dispersión de volumen dentro del haz de la antena de la estación terrena. Por consiguiente, en el procedimiento para evaluar la interferencia que pueden producir los mecanismos del modo de propagación (2), se puede hacer una hipótesis simplificadora de que la atenuación de trayecto es independiente de la ganancia de la antena de la estación terrena (véase la Nota 1).

NOTA 1 – Si la antena de la estación terrena tiene una gran anchura de haz, el método se puede utilizar aún para determinar el contorno del modo de propagación (2). Sin embargo, dado que el haz de la antena puede ser mayor que la célula de lluvia y que por esto puede no estar totalmente relleno con hidrometeoros, significará que el potencial de interferencia puede ser sobrestimado ligeramente.

Por tanto, para el modo de propagación (2), la ecuación (1) se reduce a:

$$L_x(p) = P_t + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

$L_x(p)$: atenuación mínima requerida para el modo de propagación (2)

G_x : ganancia de antena máxima (dBi) supuesta para la estación terrenal. Los Cuadros 14 y 15 dan los valores de G_x en las distintas bandas de frecuencias.

Con el fin de facilitar el cálculo de los contornos auxiliares del modo de propagación (2) (véase el § 1.6.2.2.), el cálculo se ha modificado aún más, colocando la ganancia de la antena de la red terrenal G_x dentro del bucle iterativo utilizado para los cálculos de la pérdida requerida del modo de propagación (2) (véase la ecuación (83)).

Por consiguiente, la ecuación (2) se reduce adicionalmente a:

$$L(p) = P_t - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde:

$L(p)$: atenuación requerida mínima (dB) del modo de propagación (2) durante $p\%$ del tiempo; este valor debe ser rebasado por la pérdida prevista en el trayecto del modo de propagación (2) durante todo el tiempo, salvo el $p\%$.

Para ambos modos de propagación, P_t y $P_r(p)$ se definen para la misma anchura de banda de radiofrecuencia (la anchura de banda de referencia). Además $L_b(p)$, $L(p)$ y $P_r(p)$ se definen para el mismo pequeño porcentaje de tiempo, y estos valores son fijados por los criterios de calidad de funcionamiento de la estación receptora terrenal o terrena, que puede sufrir interferencia.

Para una estación terrena que funciona con estaciones espaciales geoestacionarias, el Apéndice 3 al Anexo 1 proporciona el método numérico para determinar el ángulo mínimo entre el eje del haz principal de la antena de la estación terrena y el horizonte físico en función del acimut, y la ganancia de antena correspondiente. En el caso de una estación espacial en una órbita geoestacionaria ligeramente inclinada, el ángulo de elevación mínimo y la ganancia de horizonte correspondiente dependerán del ángulo de inclinación máximo que ha de ser coordinado.

Para una estación terrena que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias, la ganancia de la antena de la estación terrena en la dirección del horizonte varía en función del tiempo y en el Apéndice 4 al Anexo 1 figuran los métodos numéricos para su determinación.

Para una estación terrena que funciona en una banda de frecuencias con una atribución bidireccional, la ganancia de antena que se ha de utilizar para determinar la atenuación requerida mínima del modo de propagación (1) se calcula utilizando los métodos indicados en los Apéndices 3 y 4 al Anexo 1, según proceda.

La determinación de la zona de coordinación requiere el cálculo de la pérdida prevista en el trayecto y su comparación con la atenuación requerida mínima, para cada acimut alrededor de la estación terrena coordinadora, donde:

- la atenuación prevista en el trayecto depende de varios factores, que incluyen la longitud y la geometría general del trayecto interferente (por ejemplo, puntería de la antena, ángulo de elevación hacia el horizonte), la directividad de la antena, las condiciones radioclimáticas, y el porcentaje de tiempo durante el cual la atenuación prevista en el trayecto es menor que la pérdida requerida mínima; y
- la atenuación requerida mínima se basa en las consideraciones relativas al modelo del sistema y de la interferencia.

La distancia de coordinación requerida es la distancia en la cual estas dos atenuaciones son consideradas iguales para el porcentaje de tiempo indicado.

Al determinar la zona de coordinación, se conocen los parámetros pertinentes de la estación terrena coordinadora, pero el conocimiento de las estaciones terrenales o de las otras estaciones terrenales que comparten la gama de frecuencias es limitado. Por tanto, es necesario depender de parámetros de sistema supuestos para las estaciones receptoras terrenales o terrenales desconocidas. Además, se desconocen muchos aspectos del trayecto de interferencia entre la estación terrena que efectúa la coordinación y las estaciones terrenales u otras estaciones terrenales (por ejemplo, geometría y directividad de la antena).

La determinación de la zona de coordinación se basa en hipótesis desfavorables relativas a los valores de parámetros de sistema y la geometría del trayecto de interferencia. Sin embargo, en determinadas circunstancias, no es realista suponer que todos los valores del caso más desfavorable se producirán simultáneamente, lo que conduce a valores innecesariamente grandes de la atenuación requerida mínima. Esto podría producir zonas de coordinación innecesariamente grandes. Para el modo de propagación (1), los análisis detallados, apoyados por amplia experiencia operacional, han mostrado que la atenuación requerida mínima del modo de propagación (1) se puede reducir debido a la probabilidad muy pequeña de que se produzcan simultáneamente las hipótesis del caso más desfavorable para los valores de parámetros de sistema y la geometría del trayecto de interferencia. Por tanto, se aplica una corrección en el cálculo de la atenuación prevista en el trayecto del modo de propagación (1) en el caso de compartición apropiado, para tener en cuenta las ventajas que se han de derivar de estos efectos mitigadores. La aplicación de este factor de corrección se describe más detalladamente en el § 4.4.

Esta corrección se aplica a los casos de coordinación con el servicio fijo. Depende de la frecuencia, de la distancia y del trayecto. No se aplica en el caso de la coordinación de una estación terrena con estaciones móviles o con otras estaciones terrenales que funcionan en el sentido de transmisión opuesto, ni en el caso de la propagación por dispersión de hidrometeoros (modo de propagación (2)).

Se utilizan varios modelos de propagación para tratar los mecanismos de propagación que existen en toda la gama de frecuencias. Estos modelos predicen la pérdida de trayecto en función de la distancia que aumenta monótonamente. Por consiguiente, las distancias de coordinación son determinadas calculando iterativamente la pérdida de trayecto para una distancia creciente hasta que se alcanza la atenuación requerida mínima, o se alcanza la distancia máxima de cálculo pertinente (véase el § 1.5.3).

El método iterativo comienza siempre en un valor definido de distancia mínima, d_{min} (km), y la iteración se realiza utilizando un tamaño de paso uniforme, s (km), para aumentar la distancia. Se recomienda un tamaño de paso de 1 km.

1.4 Casos de compartición

En las subsecciones siguientes se describen las hipótesis básicas hechas para los distintos casos de compartición de estaciones terrenales. Estas subsecciones tienen que ser leídas junto con la información que figura en el Cuadro 1 y en el § 1.6 que contiene orientaciones sobre la elaboración de un contorno de coordinación.

1.4.1 Estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias

Para las estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales en la órbita geoestacionaria, ésta parece inmóvil con respecto a la Tierra. Sin embargo, las variaciones de las fuerzas de gravitación que actúan en la estación espacial y las limitaciones en el control de posición significan que los parámetros orbitales de la estación espacial geoestacionaria no son constantes. El movimiento con respecto a la posición orbital nominal de la estación espacial en un sentido Este/Oeste (tolerancia longitudinal) está limitado en el RR, pero no se especifica el movimiento en el sentido Norte/Sur (excursión de inclinación).

La mitigación del mantenimiento en posición en el sentido Norte/Sur de una estación espacial geoestacionaria permite que su órbita se incline, con una inclinación que aumenta gradualmente con el tiempo. Por consiguiente, la determinación de la zona de coordinación requiere considerar la gama de movimiento de la antena de la estación terrena. Si la estación terrena funciona con múltiples estaciones espaciales en órbitas ligeramente inclinadas, hay que considerar todas las posibles direcciones de puntería del eje del haz principal de la antena y el ángulo de elevación mínimo para cada acimut utilizado. Aunque en la práctica la dirección de puntería de la antena de estación terrena puede variar en

función del tiempo, la antena de la estación terrena puede también estar apuntando en un sentido durante periodos de tiempo considerables. Por tanto, se supone que la ganancia de la antena de la estación terrena en la dirección del horizonte es constante. Para una estación terrena que funciona con una estación espacial en una órbita como la descrita anteriormente, la hipótesis de ganancia hacia el horizonte constante a medida que aumenta el ángulo de inclinación puede conducir a una estimación moderada de la zona de coordinación y el grado de moderación aumenta con el aumento del ángulo de inclinación.

Para una estación terrena que funciona con una estación espacial geoestacionaria, la zona de coordinación se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 2.1.

1.4.2 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Las estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias pueden utilizar una antena directiva o no directiva. Además, las estaciones terrenas que utilizan una antena directiva pueden seguir el trayecto orbital de una estación espacial no geoestacionaria.

Si bien se supone que una estación terrena que funciona con una estación espacial geoestacionaria tiene una ganancia de antena constante hacia el horizonte, para una antena de estación terrena que está siguiendo el trayecto orbital de una estación espacial no geoestacionaria, la ganancia de antena hacia el horizonte variará en función del tiempo. Por tanto, es necesario estimar la variación de la ganancia de la antena hacia el horizonte en función del tiempo para cada acimut, con el fin de determinar la zona de coordinación. Este procedimiento se describe en el § 2.2.

Para una estación terrena que funciona con una estación espacial no geoestacionaria, el movimiento de una antena de seguimiento con ganancia relativamente alta reduce la probabilidad de interferencia debido a los mecanismos del modo de propagación (2), por lo que las distancias requeridas del modo de propagación (2) serán relativamente cortas. La distancia de coordinación mínima d_{min} (véase el § 1.5.3) proporcionará una protección adecuada en estos casos. Por tanto, el contorno del modo de propagación (2) se considera idéntico a un círculo representado por la distancia de coordinación mínima. En estas circunstancias no hay que efectuar cálculos para el modo de propagación (2) y la zona de coordinación se determina utilizando solamente el procedimiento del modo de propagación (1) indicado únicamente en el § 2.2.

Para una estación terrena con antena no directiva que funciona con una estación espacial no geoestacionaria la situación es similar, es decir que debido a la baja ganancia las distancias requeridas del modo de propagación (2) serán menores que la distancia de coordinación mínima. En consecuencia, en el caso de antenas no directivas, el contorno del modo de propagación (2) coincide también con el círculo de radio, d_{min} , y la zona de coordinación se determina utilizando solamente los procedimientos del modo de propagación (1) descritos en el § 2.1.1.

Para una estación terrena con antena directiva sin seguimiento que funciona con una estación espacial no geoestacionaria, el riesgo de interferencia proveniente del modo de propagación (2) es idéntico al caso de una estación terrena que funciona con una estación espacial geoestacionaria. En consecuencia, en el caso de antenas directivas sin seguimiento, la zona de coordinación se determina utilizando los procedimientos del modo de propagación (1) y del modo de propagación (2) descritos en el § 2.1.

1.4.3 Estaciones terrenas que funcionan tanto con estaciones espaciales geoestacionarias como no geoestacionarias

Para las estaciones que algunas veces tienen que funcionar con estaciones espaciales geoestacionarias y otras veces con estaciones espaciales no geoestacionarias, se determinan zonas de coordinación distintas para cada tipo de funcionamiento. En estos casos, la zona de coordinación para la estación espacial geoestacionaria se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 2.1 y la zona de coordinación para la estación espacial no geoestacionaria se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 2.2.

1.4.4 Estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente

En el caso de estaciones terrenas que funcionan en algunas bandas de frecuencias, puede haber atribuciones a título primario con igualdad de derechos a servicios espaciales que funcionan en los sentidos Tierra-espacio y espacio-Tierra. En esta situación, cuando dos estaciones terrenas están funcionando en sentidos de transmisión opuestos, sólo es necesario establecer la zona de coordinación para la estación terrena transmisora, pues las estaciones terrenas receptoras son tomadas en consideración automáticamente. Por consiguiente, una estación terrena receptora que funciona en una banda de frecuencias atribuida bidireccionalmente sólo se coordinará con una estación terrena transmisora si está situada dentro de la zona de coordinación de ésta.

Para una estación terrena transmisora que funciona con satélites geoestacionarios o no geoestacionarios en una banda de frecuencias atribuida bidireccionalmente, la zona de coordinación se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 3.

1.4.5 Estaciones terrenas del servicio de radiodifusión por satélite

Para las estaciones terrenas de servicios de radiodifusión por satélite que funcionan en bandas no planificadas, la zona de coordinación se determina ampliando la periferia de la zona de servicio especificada, dentro de la cual funcionan las estaciones terrenas, en una distancia igual a la distancia de coordinación basada en una estación terrena típica del servicio de radiodifusión por satélite. Al calcular la distancia de coordinación, cabe suponer que no se dispondrá de una protección adicional con respecto al ángulo de elevación del horizonte de la estación terrena, es decir, $A_h = 0$ dB en el Apéndice 1 al Anexo 1, para todos los ángulos acimutales alrededor de la estación terrena.

1.4.6 Estaciones terrenas del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico)

Para una estación terrena del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico), la zona de coordinación se determina ampliando la periferia de la zona de servicio especificada, dentro de la cual están funcionando las estaciones terrenas del servicio móvil (salvo móvil aeronáutico), por la distancia de coordinación. Esta distancia puede ser representada por una distancia de coordinación predeterminada o puede ser calculada. Al calcular la distancia de coordinación, cabe suponer que no se dispondrá de protección adicional con respecto al ángulo de elevación hacia el horizonte de la estación terrena, es decir, $A_h = 0$ dB en el Apéndice 1 al Anexo 1, para todos los ángulos de acimut alrededor de la estación terrena.

1.4.7 Estaciones terrenas del servicio móvil aeronáutico

Para las estaciones terrenas del servicio móvil aeronáutico, la zona de coordinación se determina ampliando la periferia de la zona de servicio especificada, dentro de la cual funciona la estación terrena del servicio móvil aeronáutico, en una distancia de coordinación predeterminada apropiada para los respectivos servicios.

1.4.8 Estaciones terrenas transportables

Para una estación terrena transportable, la zona de coordinación se calcula para cada ubicación.

1.4.9 Estaciones terrenas fijas explotadas en ubicaciones no especificadas dentro de una zona de servicio definida

Cuando se permite coordinar estaciones terrenas por zonas, se utiliza el siguiente método.

Para las estaciones terrenas fijas que funcionan en ubicaciones no especificadas dentro de una zona de servicio definida por la administración, la zona de coordinación se determina ampliando la periferia de esta zona de servicio por la distancia de coordinación máxima (véase el § 4.3). Se reconoce que éste es un método conservador y que en el futuro será necesario realizar estudios más detallados. Dado que se aplica este método para determinar con quién coordinar, mientras se están realizando estos estudios, se insta a las administraciones, en particular cuando es probable que las distancias de propagación sean considerablemente más bajas que la distancia de coordinación máxima, a que concierten acuerdos bilaterales en relación con la utilización de estas estaciones terrenas, con el fin de minimizar el número de estaciones terrenas que requieren una coordinación detallada.

1.5 Conceptos relativos al modelo de propagación

Para cada modo de propagación, de acuerdo con los requisitos del caso de compartición específico (véase el § 1.4), es necesario determinar la pérdida de trayecto prevista. La determinación de esta pérdida se basa en varios mecanismos de propagación.

La interferencia se puede producir a través de una gama de mecanismos de propagación cuya predominancia depende del clima, de la radiofrecuencia, del porcentaje de tiempo de interés, de la distancia y de la topografía del trayecto. En un momento cualquiera, pueden estar presentes uno o más mecanismos. Los mecanismos de propagación que se consideran en este Anexo para determinar el potencial de interferencia son los siguientes:

- *Difracción*: Se relaciona con las pérdidas por difracción que se producen en el horizonte físico local de la estación terrena. Este efecto se denomina a continuación como «apantallamiento del sitio». El resto del trayecto a lo largo de cada dirección radial se considera que es plano, por lo que está libre de pérdidas adicionales por difracción.
- *Dispersión troposférica*: Este mecanismo define el nivel de interferencia «de fondo» para trayectos superiores a unos 100 km, más allá de los cuales el campo de difracción es muy débil.
- *Propagación por conductos de superficie*: Éste es el mecanismo de interferencia a corto plazo más importante sobre agua y en zonas terrestres costeras planas, y puede provocar altos niveles de señal en largas distancias, algunas veces más de 500 km. Estas señales pueden rebasar el nivel de «espacio libre» equivalente en determinadas condiciones.
- *Reflexión y refracción de capas elevadas*: El tratamiento de la reflexión y/o refracción de capas a altitudes de hasta algunos centenares de metros es un mecanismo importante que permite que las señales eviten las pérdidas por

difracción debidas al terreno subyacente en situaciones geométricas de trayectos favorables. También en este caso el efecto puede ser importante en distancias largas.

- *Dispersión por hidrometeoros*: La dispersión por hidrometeoros puede ser una fuente potencial de interferencia entre transmisores de enlaces terrenales y estaciones terrenas porque puede actuar isotrópicamente, y por tanto tener un efecto con independencia de si el volumen común está dentro o fuera del trayecto de interferencia ortodrómico entre la estación terrena coordinadora y las estaciones terrenales, u otras estaciones terrenas receptoras que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente.

En este Anexo, los fenómenos de propagación se clasifican en los dos modos siguientes:

- *Modo de propagación (1)*: Fenómenos de propagación en aire despejado (dispersión troposférica, propagación por conductos, reflexión/refracción de capas, absorción gaseosa y apantallamiento de sitio). Estos fenómenos se limitan a la propagación a lo largo del trayecto ortodrómico.
- *Modo de propagación (2)*: Dispersión por hidrometeoros.

1.5.1 Modo de propagación (1)

Para determinar las distancias requeridas del modo de propagación (1), la gama de frecuencias aplicable se ha dividido en tres partes:

- Para frecuencias de las bandas de ondas métricas/decimétricas entre 100 MHz y 790 MHz y para porcentajes de tiempo del 1% al 50% de un año medio: el modelo de propagación se basa en datos de observación e incluye todos los mecanismos del modo de propagación (1), salvo el apantallamiento de sitios (que se aplica separadamente).
- De 790 MHz a 60 GHz y para porcentajes de tiempo de 0,001% a 50% de un año medio: el modelo de propagación tiene en cuenta la dispersión troposférica, la propagación por conductos y la reflexión/ refracción de capas. En este modelo, se efectúan cálculos separados para cada uno de los mecanismos del modo de propagación (1).
- De 60 GHz a 105 GHz y para porcentajes de tiempo de 0,001% a 50% de un año medio: el modelo milimétrico se basa en la pérdida en el espacio libre y una estimación moderada de la absorción gaseosa, más un margen para refuerzos de señal en pequeños porcentajes de tiempo.

La variación de la pérdida de trayecto prevista debida al ángulo de elevación del horizonte alrededor de una estación terrena se calcula por el método descrito en el § 1 del Apéndice 1 al Anexo 1 utilizando los ángulos de elevación del horizonte y distancias a lo largo de diferentes direcciones radiales desde la estación terrena. Para todas las frecuencias entre 100 MHz y 105 GHz, la atenuación procedente de las características del horizonte se incluye en el valor de la pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1), a menos que su uso se haya prohibido específicamente para un caso de compartición determinado (véanse los § 1.4.5, 1.4.6, 1.4.7 y 1.4.9).

Al determinar la distancia requerida del modo de propagación (1), el mundo se divide en cuatro zonas radioclimáticas básicas, que se definen a continuación:

- Zona A1: Zona costera, es decir, la zona terrestre adyacente a un área de la Zona B o Zona C (véase más adelante), hasta una altitud de 100 m con respecto al nivel medio del mar o del agua pero hasta una distancia máxima de 50 km desde la Zona B o C más cercana; cuando no hay información más precisa sobre el contorno de 100 m, se puede utilizar un valor aproximado (por ejemplo, 300 pies). Las grandes zonas terrestres interiores de 7800 km² como mínimo que contienen muchos lagos pequeños, o una red de ríos, que comprenden más del 50% de agua, y donde más del 90% de la zona terrestre está a menos de 100 m sobre el nivel medio del mar, pueden ser incluidas en la Zona A1 (véase la Nota 1).
- Zona A2: Toda la superficie terrestre, salvo las zonas costeras definidas anteriormente en la Zona A1.
- Zona B: Mares «fríos», océanos y grandes masas de aguas interiores situadas a latitudes por encima de 30°, con la excepción del Mar Mediterráneo y el Mar Negro. A los efectos administrativos de la coordinación, se define una «gran» masa de agua interior como aquella que tiene un área de 7800 km² como mínimo, pero excluyendo las áreas de ríos. Las islas dentro de estas masas de agua se han de incluir como agua dentro del cálculo de esta área si tienen elevaciones inferiores a 100 m sobre el nivel medio del agua para más del 90% de su área. Las islas que no satisfacen estos criterios se deben clasificar como zona terrestre a los efectos del cálculo del área de masas de agua.
- Zona C: Mares «cálidos», y grandes masas de aguas interiores situadas a latitudes por debajo de 30°, así como el Mar Mediterráneo y el Mar Negro.

NOTA 1 – Estas zonas adicionales pueden ser declaradas como Zonas A1 costeras por las administraciones para su inclusión en el Mapa Mundial Digital de la UIT (IDWM).

1.5.2 Modo de propagación (2)

Para determinar la distancia requerida del modo de propagación (2), la interferencia proveniente de la dispersión por hidrometeoros puede ser pasada por alto en frecuencias por debajo de 1 000 MHz y por encima de 40,5 GHz fuera de la distancia de coordinación mínima (véase el § 1.5.3.1). Por debajo de 1 000 MHz, el nivel de la señal dispersa es muy bajo y por encima de 40,5 GHz, aunque se produzca una dispersión importante, la señal dispersa es muy atenuada en el

trayecto desde el volumen de dispersión hasta la estación terrenal receptora o la terrena. El apantallamiento del sitio no es pertinente a los mecanismos del modo de propagación (2), pues el trayecto de interferencia atraviesa el haz principal de la antena de la estación terrena coordinadora.

1.5.3 Límites de las distancias

El efecto de la interferencia en sistemas terrenales y espaciales tiene que ser evaluado a menudo considerando los criterios de interferencia a largo y a corto plazo. Estos criterios suelen representarse mediante una potencia de interferencia admisible que no se ha de rebasar durante más de un porcentaje de tiempo especificado.

El criterio a largo plazo (generalmente asociado con porcentajes de tiempo $\geq 20\%$) permite cumplir el objetivo de característica de error (para sistemas digitales) o el objetivo de característica de ruido (para sistemas analógicos) para satisfacer criterios de interferencia a largo plazo. Este criterio corresponderá generalmente a un bajo nivel de interferencia, por lo que requiere un alto grado de aislamiento entre la estación terrena coordinadora y las estaciones terrenales, o estaciones terrenales receptoras que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente.

El criterio a corto plazo corresponde a un nivel de interferencia más alto, que suele estar asociado con porcentajes de tiempo comprendidos entre 0,001% y 1% del tiempo, que harán que el sistema interferido esté indisponible, o que se rebasen sus objetivos de interferencia especificados a corto plazo (proporción de errores o ruido).

Los Anexos 1 y 2 tratan solamente de la protección del criterio a corto plazo. Por consiguiente, se supone implícitamente que si se satisface el criterio a corto plazo, se satisfarán también cualesquiera criterios a largo plazo asociados. Esta hipótesis puede no ser válida para distancias cortas, porque los efectos de propagación adicionales (difracción, dispersión debida a edificios/terreno, etc.) que requieren un análisis más detallado son más significativos. Se necesita por tanto una distancia de coordinación para evitar esta dificultad. Esta distancia de coordinación es siempre el valor más bajo de la distancia de coordinación utilizada. En distancias iguales o superiores a la distancia de coordinación, puede suponerse que la interferencia debida a efectos de propagación continuos (largo plazo) no rebasará los niveles permitidos por los criterios a largo plazo.

Además de la distancia de coordinación mínima, es necesario también fijar el límite superior de la distancia de cálculo. En consecuencia, la distancia de coordinación, en cualquier acimut, debe estar dentro de la gama entre la distancia de coordinación mínima y la distancia de cálculo máxima.

1.5.3.1 Distancia de coordinación mínima

La distancia de coordinación mínima en cualquier dirección dada, basada sólo en factores de propagación, podría extenderse desde muy cerca de la estación terrena hasta muchos centenares de kilómetros. Sin embargo, por los motivos expuestos anteriormente, es necesario fijar el límite inferior de la distancia de coordinación, d_{min} . El cálculo iterativo de la distancia de coordinación comienza en esta distancia mínima especificada, distancia ésta que varía de acuerdo con los factores radiometeorológicos y la banda de frecuencias (véase el § 4.2). Esta misma distancia de coordinación mínima se aplica a los cálculos de los modos de propagación (1) y (2).

1.5.3.2 Distancia de cálculo máxima

Se requieren distancias de cálculo máxima para los modos de propagación (1) y (2). En el caso del modo (1), esta distancia corresponde a la distancia de coordinación máxima, $d_{máx1}$, definida en el § 4.3 para cada una de las cuatro zonas radioclimáticas. Por tanto, la distancia de cálculo máxima del modo de propagación (1) depende de las zonas radioclimáticas en el trayecto de propagación. Esta dependencia se describe en el § 4.3.

La distancia de cálculo máxima para el modo de propagación (2) se indica en el § 2 del Apéndice 2 al Anexo 1.

1.6 Contorno de coordinación: Conceptos y trazados

La distancia de coordinación, determinada para cada acimut alrededor de la estación terrena coordinadora, define el contorno de coordinación que delimita la zona de coordinación. La distancia de coordinación está dentro de la gama definida por la distancia de coordinación mínima y la distancia de cálculo máxima.

En este Anexo, los procedimientos determinan la distancia en la cual la pérdida requerida mínima es igual a la pérdida de trayecto prevista. Además, algunos procedimientos (véase la Nota 1) requieren que, para cualquier acimut, la mayor de las distancias determinadas para el modo de propagación (1) y el modo de propagación (2) sea la distancia que se ha de utilizar para determinar el contorno de coordinación. En ambos casos, la distancia a la cual la atenuación requerida mínima es igual a la pérdida de trayecto prevista puede estar o no dentro de la gama de valores válidos que definen los límites para la distancia de coordinación. De ahí que la distancia determinada según la aplicación de todos los procedimientos se denomine la distancia requerida.

NOTA 1 – Se utilizan los mismos procedimientos para elaborar los contornos suplementarios y los auxiliares (véanse los § 1.6.1 y 1.6.2).

La zona de coordinación se determina mediante uno de los siguientes métodos:

- calcular, en todas las direcciones de acimut desde la estación terrena, las distancias de coordinación y después dibujar a escala en un mapa adecuado el contorno de coordinación; o
- extender la zona de servicio en todas las direcciones por las distancias de coordinación calculadas; o
- para algunos servicios y bandas de frecuencias, ampliar la zona de servicio en todas las direcciones en una distancia de coordinación predeterminada.

Cuando un contorno de coordinación incluye los efectos de interferencia procedentes de ambos modos de propagación (1) y (2), la distancia requerida utilizada para cualquier acimut es la mayor de las distancias requeridas del modo de propagación (1) y del modo de propagación (2).

Los casos de compartición y los diversos procedimientos contenidos en este Anexo se basan en diferentes hipótesis, por lo que es probable que la zona de coordinación elaborada para un caso de compartición se base en diferentes consideraciones de compartición, trayectos de interferencia y restricciones operacionales con respecto a la zona de coordinación elaborada en un caso de compartición diferente. Se requieren, pues, zonas de coordinación separadas para cada caso de compartición descrito en el § 1.4 y cada zona de compartición es específica de los servicios de radiocomunicaciones que intervienen en el caso de compartición en cuestión. Además, la zona de coordinación elaborada para un caso de compartición no puede ser utilizada para determinar la extensión de cualquier repercusión en los servicios de radiocomunicaciones que intervienen en un caso de compartición diferente. De este modo, una estación terrena coordinadora que funcione en una banda de frecuencias atribuida bidireccionalmente y compartida también con estaciones terrenales tendrá dos zonas de coordinación distintas:

- una zona de coordinación para determinar las administraciones cuyos servicios terrenales pueden ser afectadas por el funcionamiento de la estación terrena coordinadora; y
- una zona de coordinación para determinar las administraciones con estaciones terrenales receptoras que pueden ser afectadas por el funcionamiento de la estación terrena (transmisora) coordinadora.

Esto significa que el establecimiento de la zona de coordinación para una estación terrena requerirá en general la determinación de varias zonas de coordinación individuales, cada una dibujada en un mapa distinto. Por ejemplo, una estación terrena que transmite a una estación espacial geostacionaria en la banda 10,7-11,7 GHz tendrá que elaborar las siguientes zonas de coordinación con respecto a:

- servicios terrenales analógicos que reciben en la misma banda, lo que comprenderá los efectos potenciales procedentes de trayectos de interferencia de los modos de propagación (1) y (2);
- una estación terrena que funciona con una estación espacial geostacionaria que recibe en la misma banda, lo que comprenderá los efectos potenciales provenientes de los trayectos de interferencia de los modos de propagación (1) y (2);
- una estación terrena que funciona con una estación espacial no geostacionaria que recibe en la misma banda, lo que comprenderá los efectos potenciales provenientes de los trayectos de interferencia del modo de propagación (1).

Además, se producen contornos de coordinación distintos si la estación terrena transmite y recibe en bandas compartidas con servicios terrenales. Sin embargo, para las estaciones terrenales que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente, los contornos de coordinación con respecto a otras estaciones terrenales se elaboran solamente para una estación terrena transmisora (véase el § 1.4.4).

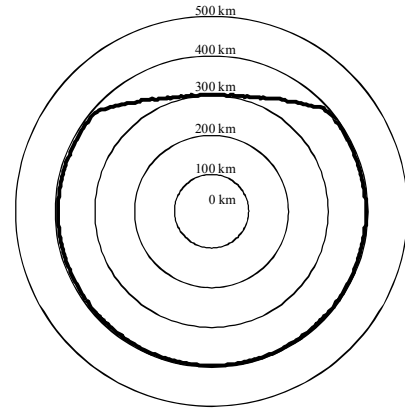
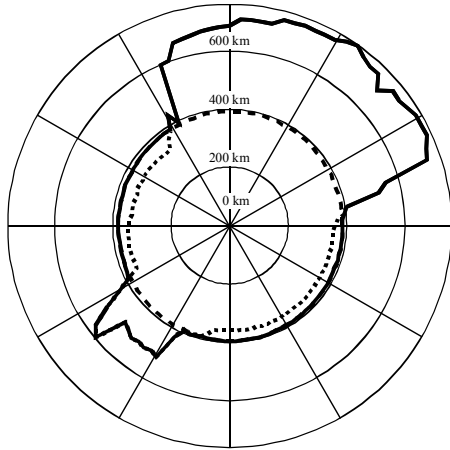
En la Fig. 2 se proporciona un ejemplo de la zona de coordinación para cada uno de los casos de compartición indicados en el § 1.4. Se observará que para algunos casos de compartición hay puntos comunes en la construcción del contorno de coordinación (mostrados por una línea de trazo continuo) que delimita cada zona de coordinación. Para los casos de compartición en que hay que tener en consideración los trayectos de interferencia de los modos de propagación (1) y (2), las partes del contorno del modo de propagación (1) y la parte del contorno del modo de propagación (2) situadas dentro del contorno de coordinación global se pueden dibujar utilizando líneas de trazo interrumpido.

Además del contorno de coordinación, es posible dibujar contornos suplementarios y contornos auxiliares (véanse los § 1.6.1 y 1.6.2) para facilitar exámenes de compartición más detallados. Los contornos suplementarios se basan en la estación terrena coordinadora que comparte bandas de frecuencias con otros servicios de radiocomunicación, u otros tipos de sistemas radioeléctricos en el mismo servicio, que tienen criterios de compartición menos onerosos que el sistema radioeléctrico utilizado para elaborar la zona de coordinación. Estos contornos suplementarios pueden ser elaborados con el mismo método utilizado para determinar el contorno de coordinación, o con otros métodos acordados bilateralmente entre administraciones. Los contornos auxiliares se basan en hipótesis menos conservadoras, con respecto al trayecto de interferencia y las restricciones operacionales, para las estaciones terrenales o estaciones terrenales desconocidas. Los contornos auxiliares se elaboran separadamente para los trayectos de interferencia de los modos de propagación (1) y (2). En este contexto, los contornos a partir de los cuales se ha elaborado el contorno de coordinación se denominan contornos principales, y los contornos auxiliares para los modos de propagación (1) y (2) hacen referencia al contorno principal apropiado. Las diversas hipótesis utilizadas para elaborar contornos auxiliares del contorno del

modo de propagación (1) o del modo de propagación (2), se pueden aplicar también a los contornos suplementarios. Por tanto, es posible dibujar contornos auxiliares para un contorno principal o un contorno suplementario.

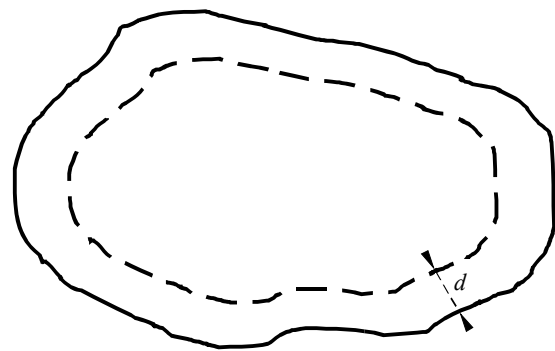
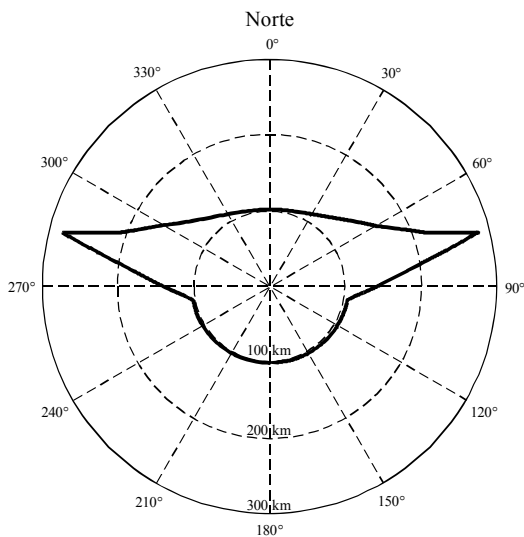
FIGURA 2

Ejemplos de contornos de coordinación para cada uno de los casos de compartición descritos en el § 1.4



a) Ejemplo de contorno de coordinación de una estación terrena que funciona con una estación espacial OSG consignada en los § 1.4.1 y 1.4.3. Este ejemplo puede aplicarse también al § 1.4.8. El contorno de coordinación corresponde a la línea exterior y comprende un contorno de modo de propagación (1) y un contorno de modo de propagación (2) circular. El contorno del modo de propagación (1) también podría ser un ejemplo de una estación terrena con una antena direccional sin capacidad de seguimiento que funciona con una estación espacial no OSG, como la del § 1.4.2

b) Ejemplo de contorno de coordinación de una estación terrena con una antena de seguimiento que funciona con una estación espacial no OSG como las de los § 1.4.2 y 1.4.3. Este ejemplo puede aplicarse también al § 1.4.8.



c) Ejemplo de contorno de coordinación de una estación terrena que funciona en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente como se indica en el § 1.4.4. Este ejemplo puede aplicarse también al § 1.4.8. El contorno de coordinación se ha obtenido a partir de un contorno de modo de propagación (1) para una estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial no OSG con respecto a estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales OSG. Para un contorno de modo de propagación (2) relativo al caso OSG-OSG, véase el Apéndice 6 al Anexo 1

d) Ejemplo de contorno de coordinación de una estación terrena que funciona en una zona de servicio especificada como la de los § 1.4.5, 1.4.6, 1.4.7 y 1.4.9. El contorno de coordinación corresponde a la línea exterior continua, y la zona de servicio especificada, a la línea interior discontinua. La distancia de coordinación, d , puede tener un valor constante, o variar con el acimut, dependiendo del caso de compartición y del tipo de servicio de radiocomunicaciones

Los contornos suplementarios se dibujan siempre en un mapa distinto porque se aplican a otros tipos de sistemas radioeléctricos dentro del mismo servicio de radiocomunicaciones, o a sistemas radioeléctricos en diferentes servicios de radiocomunicaciones. Sin embargo, como los contornos auxiliares se aplican a las diversas hipótesis utilizadas para elaborar el contorno principal o suplementario, se dibujan siempre en el mismo mapa que contiene el correspondiente contorno principal o suplementario.

Si bien la utilización de contornos suplementarios o auxiliares permite hipótesis menos conservadoras con respecto al trayecto de interferencia y las restricciones operacionales que se han de tomar en consideración, las estaciones terrenales pueden transmitir o recibir una variedad de clases de emisiones. Por tanto, los parámetros de estación terrena que se han de utilizar para determinar el contorno de coordinación y cualesquiera contornos suplementarios o auxiliares son los que conducen a las distancias mayores para cada haz de antena de estación terrena y cada banda de frecuencias atribuida que la estación terrena coordinadora comparte con otros sistemas de radiocomunicaciones.

1.6.1 Contornos suplementarios

La zona de coordinación se basa en las consideraciones relativas a la compartición del caso más desfavorable, los trayectos de interferencia y las restricciones operacionales, por lo que se determina con respecto al tipo de estación terrena (o en una banda de frecuencias con una atribución espacial bidireccional, una estación terrena que funciona en el sentido de transmisión opuesto) que produciría las distancias de coordinación máximas. Por tanto, en el caso de servicios terrenales: se ha supuesto que las estaciones fijas que utilizan dispersión troposférica están funcionando en bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas generalmente por estos sistemas de radiocomunicaciones y se ha supuesto que las estaciones fijas que funcionan en configuraciones de visibilidad directa y utilizan modulación analógica están funcionando en otras bandas de frecuencias. Sin embargo, otros sistemas de radiocomunicaciones (por ejemplo, otras estaciones terrenales), que suelen tener ganancias de antena más bajas, o parámetros de sistemas menos estrictos, que aquellos en los que se basa la zona de coordinación, pueden funcionar también en la misma gamas de frecuencias. De este modo es posible que la administración coordinadora identifique un contorno suplementario utilizando los métodos indicados en el § 2 o en el § 3 del Anexo 1, cuando sean aplicables, u otros métodos acordados. A reserva de acuerdo bilateral entre las administraciones, estos contornos suplementarios pueden asumir la función de contorno de coordinación para un tipo alternativo de sistema radioeléctrico en los mismos servicios, u otros servicios de radiocomunicación.

Cuando hay que elaborar un contorno suplementario para otros tipos de sistema, por ejemplo, sistemas fijos digitales, los parámetros de sistema necesarios pueden encontrarse en unas de las columnas adyacentes en los Cuadros 14, 15 y 16. Si no se dispone de parámetros de sistema adecuados, el valor de la potencia de interferencia admisible ($P_r(p)$) se puede calcular utilizando la ecuación (142).

Además, los contornos suplementarios pueden ser preparados por la administración que solicita la coordinación para definir zonas más pequeñas, basadas en métodos más detallados, para su consideración cuando sean acordados bilateralmente entre las administraciones interesadas. Estos contornos pueden ser una ayuda útil para la exclusión rápida de estaciones terrenales o estaciones terrenas que no requieren ulterior consideración. Para las estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias, pueden obtenerse contornos suplementarios utilizando el método del § 2.2.2 del Anexo 1.

El contorno suplementario se traza en un mapa distinto del contorno de coordinación y puede tener su propio conjunto de contornos auxiliares (véase el § 1.6.2). Los contornos suplementarios pueden estar formados por trayectos de interferencia del modo de propagación (1) y, dependiendo del caso de compartición, por trayectos de interferencia del modo de propagación (2). Además, el elemento del modo de propagación (1) de un contorno suplementario puede utilizar, si procede para el servicio de radiocomunicaciones, el mismo nivel de factor de corrección (véase el § 4.4) aplicado en la determinación del contorno de coordinación. Sin embargo, todas las partes de cada contorno suplementario deben estar en o entre el contorno definido por la distancia de coordinación mínima y el correspondiente contorno principal de los modos de propagación (1) o (2).

1.6.2 Contornos auxiliares

Como se ha indicado, la zona de coordinación se basa en las hipótesis del caso más desfavorable con respecto a las consideraciones de compartición, trayectos de interferencia y restricciones operacionales. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que, en muchos casos, la distancia de separación requerida para la estación terrena coordinadora, en cualquier acimut, puede ser mucho menor que la distancia de coordinación, porque las hipótesis del caso más desfavorable no se aplican a todas las estaciones terrenales o estaciones terrenas. Hay dos mecanismos principales que contribuyen a la diferencia entre la distancia de separación en este contexto y la distancia de coordinación:

- la ganancia de estación terrenal (o p.i.r.e.) o la ganancia de antena de estación terrena receptora, en la dirección de la estación terrena coordinadora es menor que la supuesta al calcular el contorno de coordinación;
- se puede establecer el margen apropiado, por ejemplo, para los efectos de apantallamiento del sitio no incluidos en los cálculos de la distancia de coordinación.

Los contornos auxiliares se dibujan en el mapa utilizado para el sistema de radiocomunicaciones al cual se aplican (es decir, el contorno principal o el contorno suplementario, según proceda), y se debe utilizar el mismo método empleado para determinar el correspondiente contorno principal o suplementario. Además, todas las partes de cada contorno auxiliar deben estar en o entre el contorno definido por la distancia de coordinación mínima y el correspondiente contorno principal o suplementario. Los contornos auxiliares pueden ayudar a eliminar la coordinación detallada de estaciones terrenales o estaciones terrenas que están situadas en la zona de coordinación y que por tanto han sido identificadas como potencialmente afectadas por la estación terrena coordinadora. Toda estación terrenal o estación terrena que está fuera de un contorno auxiliar y tiene una ganancia de antena hacia la estación terrena coordinadora que es menor que la ganancia representada por el contorno auxiliar pertinente, no tiene que ser considerada como una fuente importante de interferencia ni que está sujeta a ésta.

1.6.2.1 Contornos auxiliares para el modo de preparación (1)

Estos contornos se calculan utilizando el mismo método que para el correspondiente contorno principal o suplementario, pero con valores para la pérdida requerida mínima del modo de propagación (1) en la ecuación (23), que son reducidos progresivamente en 5, 10, 15, 20 dB, etc., por debajo del valor utilizado para el correspondiente contorno principal o suplementario del modo de propagación (1), hasta que se alcanza la distancia de coordinación mínima. De este modo, los contornos auxiliares del modo de propagación (1) tienen en cuenta los casos cuando la ganancia de antena, o la p.i.r.e. de estaciones terrenas, o la ganancia de antena de las estaciones terrenas receptoras es menor que el valor supuesto en los Cuadros 14, 15 y 16.

Las distancias de contornos auxiliares del modo de propagación (1) se calculan sin el factor de corrección (véase el § 4.4), por lo que pueden ser mayores, en cualquier acimut, que la distancia principal o suplementaria del modo de propagación (1). Para evitar esto, cuando se aplica un factor de corrección al contorno principal o suplementario, las distancias máximas del contorno auxiliar del modo de propagación (1) en cualquier acimut están limitadas a la correspondiente distancia principal o suplementaria de dicho modo. De hecho, esto significa que el factor de corrección limitará la posible gama de valores de contorno auxiliar de modo que sólo los contornos auxiliares con valores superiores al factor de corrección aplicado serán mostrados dentro del contorno principal o suplementario (véase la Fig. 3). Por ejemplo, si el valor del factor de corrección aplicable al contorno principal o suplementario del modo de propagación (1) es 10 dB, el primer contorno auxiliar dibujado sería para una reducción de la pérdida requerida mínima de 5 dB por lo que el valor de contorno auxiliar sería -15 dB (por convenio, los contornos auxiliares se muestran como cantidades negativas puesto que representan una reducción en la ganancia de antena de la estación terrenal o de la estación terrena receptora, o de la p.i.r.e. de la estación terrenal).

Puede ser necesario aún considerar los efectos de la interferencia del modo de propagación (2), incluso si se han eliminado los efectos de la interferencia del modo de propagación (1) de la coordinación detallada, pues los modelos de propagación se basan en diferentes mecanismos de interferencia.

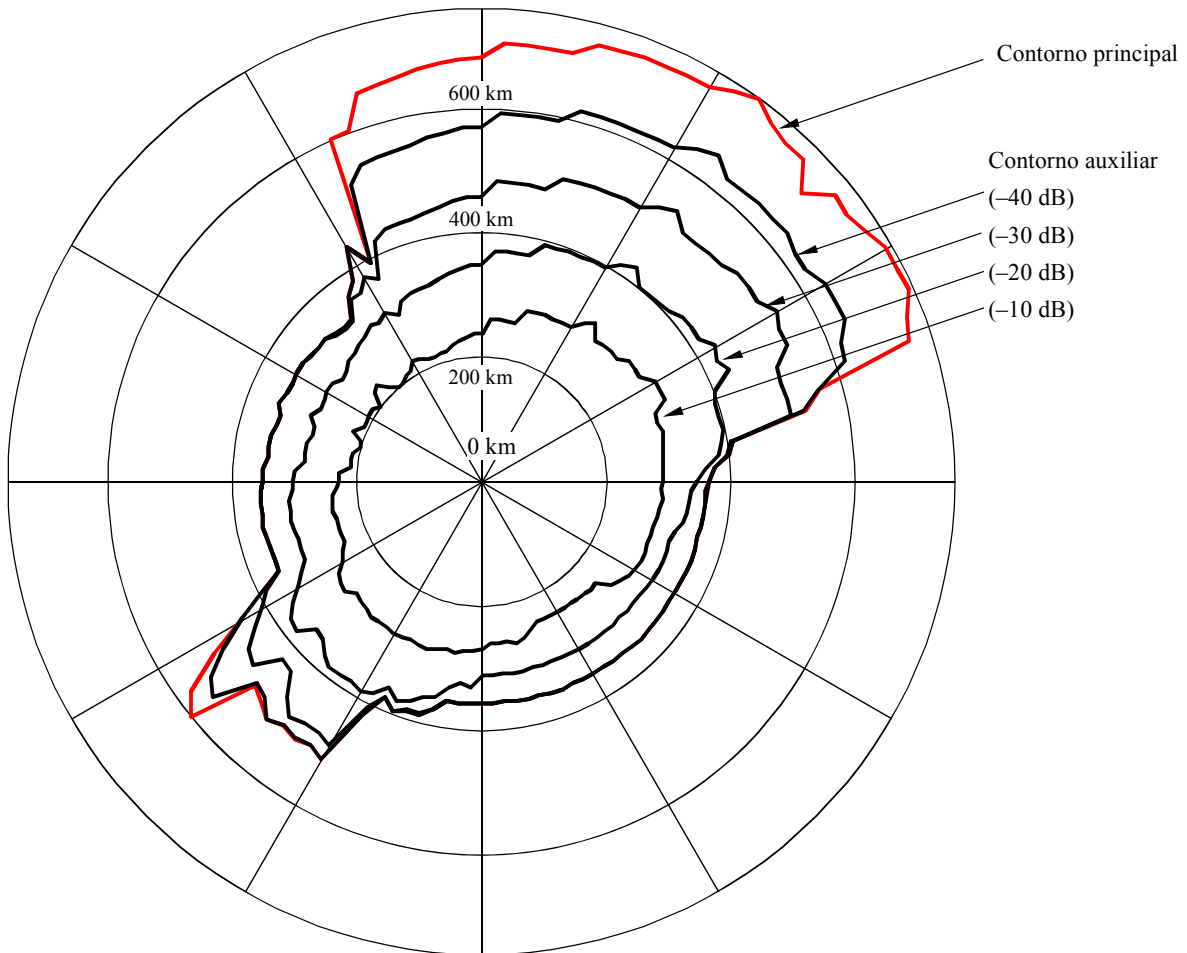
1.6.2.2 Contornos auxiliares para el modo de propagación (2)

El contorno del modo de propagación (2) alrededor de una estación terrena se calcula suponiendo que se produce la intersección exacta de los haces principales de la estación terrena coordinadora y la estación terrenal (véase el § 1.3). Sin embargo, no es probable la intersección exacta de estos haces principales de antena, por lo que es posible generar contornos auxiliares del modo de propagación (2) que tengan en cuenta cualquier cambio de la puntería del haz de la antena de estación terrenal con respecto a la dirección de la estación terrena coordinadora. Este cambio resultaría en intersecciones de haces parciales y por ende en un potencial de interferencia reducido. Estos contornos auxiliares del modo de propagación (2) se calculan de acuerdo con el método descrito en el Apéndice 7 al Anexo 1.

No se generan contornos auxiliares del modo de propagación (2) para diferentes valores de ganancia de antena o p.i.r.e., sino para diferentes valores de ángulo de evitación del haz. Por consiguiente, si es necesario considerar un valor más bajo de la ganancia de antena, o de la p.i.r.e., para la estación terrenal y los contornos auxiliares del modo de propagación (2), primero es esencial considerar la repercusión de la reducción en la ganancia de la antena, o en la p.i.r.e., en el contorno del modo de propagación (2). Esto se logra generando un contorno suplementario (véase el § 1.6.1) correspondiente al valor más bajo de la ganancia de antena o de la p.i.r.e. para la estación terrenal. En este caso, este contorno suplementario del modo de propagación (2) se dibuja en un mapa distinto. Los contornos auxiliares del modo de propagación (2) pueden ser generados dentro de este contorno suplementario para diferentes valores del ángulo de evitación del haz. En consecuencia, los contornos auxiliares del modo de propagación (2) pueden ser aplicados más frecuentemente junto con un contorno suplementario que con el contorno de coordinación.

El factor de corrección examinado en el § 1.3 no se aplica a los trayectos de interferencia del modo de propagación (2) por lo que tampoco es aplicable a los contornos auxiliares de dicho modo. Además, no es posible elaborar contornos auxiliares del modo de propagación (2) para el caso bidireccional.

FIGURA 3

Contorno principal del modo de propagación (1) y contornos auxiliares

Los contornos auxiliares del modo de propagación (1) se muestran para ajustes de -10 , -20 , -30 y -40 dB en las pérdidas mínimas requeridas.

1448-03

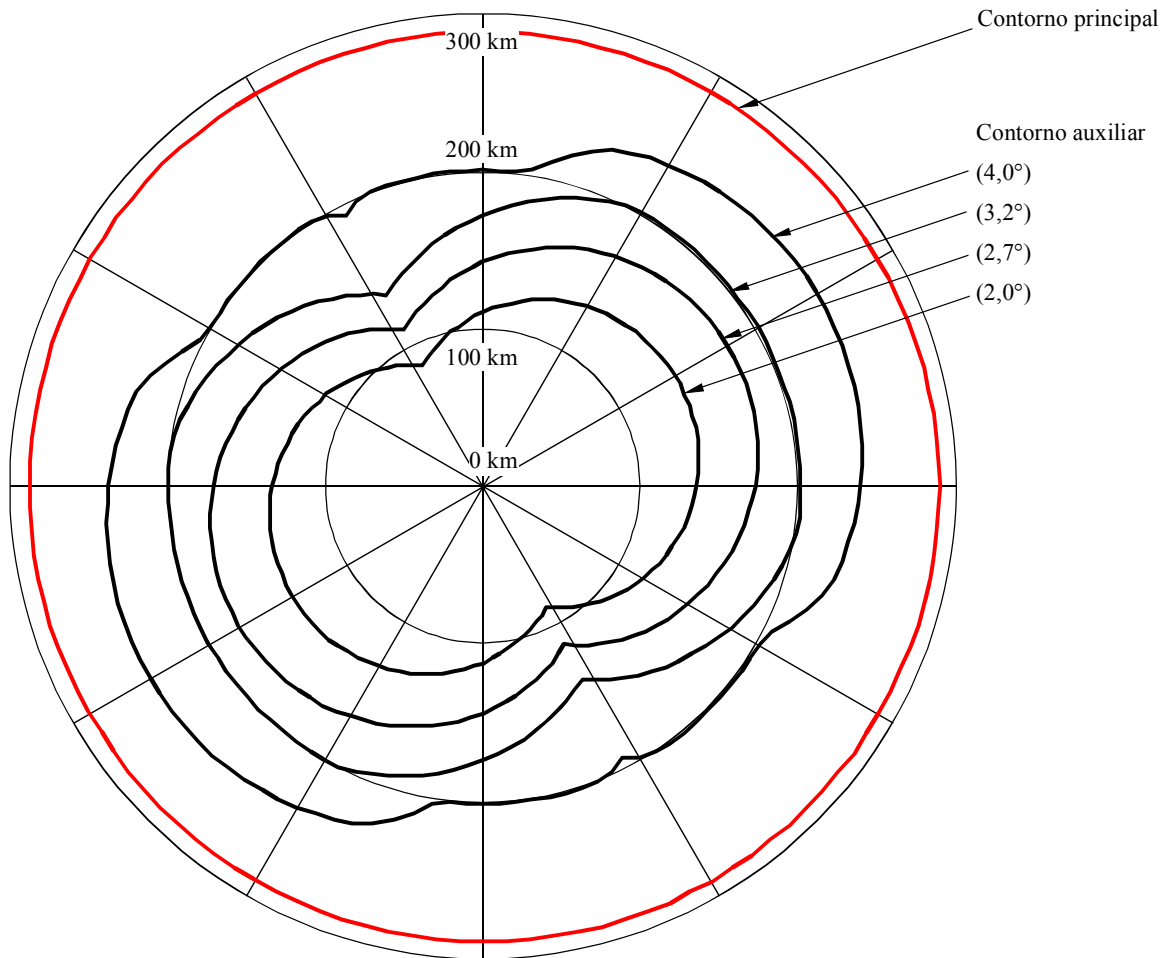
Los contornos auxiliares del modo de propagación (2) están preparados para valores apropiados del ángulo de evitación del haz principal de la estación terrenal (véase la Fig. 4). Cuando se conocen las características de las antenas de las estaciones terrenales, se debe utilizar el diagrama de radiación de antena apropiado (el método requiere que el diagrama de antena sea monótono desde el punto de vista de la reducción en ganancia a cada lado del eje del haz principal) al determinar los contornos auxiliares del modo de propagación (2). Si no está disponible, se puede utilizar el diagrama de radiación de antena de referencia proporcionado en el § 3 del Apéndice 7 al Anexo 1.

2 Determinación de la zona de coordinación de la estación terrenal con respecto a estaciones terrenales

Este punto contiene los procedimientos para determinar la zona de coordinación en el caso de estaciones terrenales que comparten bandas de frecuencias con estaciones terrenales. Estos procedimientos abarcan los casos de estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales en la órbita geoestacionaria, o en órbitas no geoestacionarias, y se describen en los puntos siguientes.

Para las estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales en órbitas no geoestacionarias, hay que considerar la posible naturaleza de la ganancia dependiente del tiempo de la antena de la estación terrenal hacia el horizonte.

FIGURA 4

Contorno principal del modo de propagación (2) y contornos auxiliares

Los contornos auxiliares del modo de propagación (2) se muestran para ángulos de evitación del haz principal de la estación terrenal de 2,0°, 2,7°, 3,2° y 4,0° respectivamente.

1448-04

2.1 Estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias

Para una estación terrenal que funciona con una estación espacial geoestacionaria, se considera que el valor de G_t y de G_r hacia el horizonte es constante en el tiempo. El porcentaje de tiempo asociado con L_b en la ecuación (1) es igual que el porcentaje de tiempo p asociado con $P_r(p)$. Al determinar la zona de coordinación entre una estación terrenal coordinadora que funciona con una estación espacial geoestacionaria y sistemas terrenales, la distancia de coordinación en cualquier acimut es la mayor de las distancias requeridas por los modos de propagación (1) y (2). Las distancias requeridas para los modos de propagación (1) y (2) se determinan utilizando los procedimientos descritos en los § 2.1.1 y 2.1.2, respectivamente, después de tomar en consideración el siguiente análisis sobre el mantenimiento en posición de la estación.

Cuando se relaja el mantenimiento en posición Norte/Sur de una estación espacial geoestacionaria, la órbita de dicha estación se inclina con una inclinación que aumenta gradualmente en función del tiempo. Vista desde la Tierra, la posición de la estación espacial traza la figura de un ocho durante un periodo de 24 h. Este movimiento de la estación espacial con respecto a su posición nominal puede requerir pequeños ajustes correspondientes del ángulo de elevación del haz de la antena de la estación terrenal. Por consiguiente, para evitar considerar la variación temporal de la ganancia de la antena en la dirección del horizonte, se determina la zona de coordinación de una estación terrenal que funciona con una estación espacial en una órbita geoestacionaria ligeramente inclinada para el ángulo de elevación mínimo y el acimut asociado en el cual la estación espacial es visible para la estación terrenal (véase el Apéndice 3 al Anexo 1).

Cuando la estación terrena se utiliza para transmitir a múltiples estaciones espaciales en órbitas ligeramente inclinadas, hay que considerar todas las posibles direcciones de puntería del eje del haz principal de la antena. Sin embargo, al determinar la zona de coordinación, sólo hay que considerar una envolvente basada en las desviaciones máximas en latitud y longitud de los puntos subsatelitales de las estaciones espaciales en todas las posibles ubicaciones en el segmento de interés a lo largo del arco geoestacionario. La curva limitadora utilizada para determinar el ángulo mínimo fuera del eje (es decir, el valor mínimo del ángulo entre el eje del haz principal y el horizonte) se basa en la inclinación orbital máxima que se permitirá durante la vida operacional de las estaciones espaciales. La utilización de la envolvente limitadora simplifica el cálculo del ángulo mínimo fuera del eje. Tampoco requiere los valores específicos de las ubicaciones de las estaciones espaciales en el arco geoestacionario, particularmente porque no todos pueden ser conocidos de antemano, y algunas pueden requerir reposicionamiento en un momento ulterior.

2.1.1 Determinación del contorno del modo de propagación (1) de la estación terrena coordinadora

La determinación del contorno del modo de propagación (1) se basa en los mecanismos de propagación de círculo máximo y se supone, para el trayecto de interferencia, que todas las estaciones terrenales están apuntando directamente a la ubicación de la estación terrena coordinadora. La distancia requerida, en cada acimut, para el modo de propagación (1) es la distancia que resultará en un valor de la pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1) que es igual a la atenuación requerida mínima de dicho modo, $L_b(p)$ (dB), según se define en el § 1.3.

$$L_b(p) = P_t + G_e + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (4)$$

donde:

P_t y $P_r(p)$: como definidos en el § 1.3

G_e : ganancia de la antena de la estación terrena coordinadora (dBi) hacia el horizonte en el ángulo de elevación del horizonte y acimutes considerados

G_x : ganancia de antena máxima (dBi) supuesta para la estación terrenal. Los Cuadros 14 y 15 muestran los valores para G_x en las distintas bandas de frecuencias.

La distancia requerida para el modo de propagación (1) se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 4 y los métodos detallados del Apéndice 1 a este Anexo. En el § 4.4 se proporciona orientación específica relativa a la aplicación de los procedimientos.

2.1.2 Determinación del contorno del modo de propagación (2) de la estación terrena coordinadora

La distancia requerida para la dispersión por hidrometeoros es la distancia que resultará en una pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (2) igual a la atenuación requerida mínima de dicho modo, $L(p)$, según se define en la ecuación (3). Esta distancia requerida del modo de propagación (2) se determina utilizando las directrices indicadas en el § 5 y los métodos detallados en el Apéndice 2 a este Anexo.

Para una estación terrena que funciona con una estación espacial geoestacionaria que tiene una órbita ligeramente inclinada, los contornos de coordinación para la dispersión debida a la lluvia para cada una de las dos posiciones orbitales más extremas del satélite se determinan individualmente, utilizando los ángulos de elevación pertinentes y sus acimutes asociados al satélite. La zona de dispersión debida a la lluvia es la zona total contenida dentro de los dos contornos de coordinación superpuestos resultantes.

Para una estación terrena destinada a funcionar con estaciones espaciales en distintas ubicaciones orbitales geoestacionarias, los contornos de coordinación para la dispersión debida a la lluvia para la posición orbital más oriental y más occidental se determinan individualmente. La zona de dispersión debida a la lluvia es la zona total contenida dentro de los dos contornos de coordinación superpuestos resultantes. Si una o ambas de las estaciones espaciales están en órbitas ligeramente inclinadas, se utilizan las posiciones orbitales más extremas, según proceda.

2.2 Estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Para las estaciones terrenales que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias y siguen a la estación espacial, la ganancia de antena en la dirección del horizonte en cualquier acimut varía en función del tiempo. Para tener esto en cuenta se dispone de dos métodos que se describen a continuación.

- el método de ganancia independiente del tiempo (TIG, *time-invariant gain*) (véase el § 2.2.1);
- el método de ganancia dependiente del tiempo (TVG, *time-variant gain*) (véase el § 2.2.2).

El método TIG se utiliza para determinar el contorno de coordinación. La aplicación de este método es fácil y no depende de la disponibilidad de la distribución de los valores de la ganancia hacia el horizonte de la antena de estación terrena. Como consecuencia de esta simplificación, se suele sobreestimar la distancia necesaria. Para reducir la carga de coordinación y sobre la base de acuerdos bilaterales y multilaterales, las administraciones pueden utilizar el método TVG para dibujar contornos suplementarios y obtener resultados menos estrictos.

En comparación con el método TIG, el método TVG suele producir distancias más pequeñas, pero requiere un mayor esfuerzo para determinar la distribución acumulada de la ganancia hacia el horizonte de la antena de estación terrena para cada acimut que se ha de considerar.

En el caso de una estación terrena receptora, la potencia de interferencia admisible $P_r(p)$ se especifica con respecto al porcentaje de tiempo real que el receptor está en funcionamiento, en vez del tiempo transcurrido total. De este modo, el porcentaje de tiempo, p , se especifica para todo el tiempo operacional que se prevé la estación terrena receptora emplee en la recepción desde estaciones espaciales no geoestacionarias, pero se excluye cualquier tiempo de recepción relacionado con estaciones espaciales geoestacionarias.

Al considerar la ganancia hacia el horizonte de la antena para una estación terrena transmisora o receptora, solamente se han de considerar los valores de ganancia hacia el horizonte durante el tiempo operacional. Al elaborar las distribuciones acumuladas de la ganancia hacia el horizonte para el método TVG, los porcentajes de tiempo son porcentajes de tiempo operacionales. Por tanto, puede haber periodos, o porcentajes de tiempo, durante los cuales no se especifica ninguna ganancia hacia el horizonte. Esto no plantea problemas para la aplicación de ambos métodos descritos en este punto, y concuerda con la potencia de interferencia admisible para estaciones receptoras desconocidas que se especifica en el Cuadro 14, y con las potencias de interferencia admisibles para estaciones terrenas receptoras, examinadas en el párrafo precedente, en el Cuadro 15.

Las distribuciones de la ganancia de antena hacia el horizonte se determinan utilizando el Apéndice 4 al presente Anexo 1. Se puede utilizar diagramas de radiación de antena de referencia o medidos, según se describe en el Apéndice 3 al Anexo 1.

2.2.1 Determinación de la zona de coordinación utilizando el método TIG

El método TIG utiliza valores fijos de ganancia de antena basados en la variación supuesta máxima de la ganancia de la antena hacia el horizonte en cada acimut considerado. Los valores de ganancia de antena hacia el horizonte definidos a continuación se utilizan para cada acimut cuando se aplica la ecuación (4) con el fin de determinar las distancias requeridas del modo de propagación (1).

$$\begin{aligned} G_e &= G_{m\acute{a}x} && \text{para} && (G_{m\acute{a}x} - G_{m\acute{i}n}) \leq 20 \text{ dB} \\ G_e &= G_{m\acute{i}n} + 20 && \text{para} && 20 \text{ dB} < (G_{m\acute{a}x} - G_{m\acute{i}n}) < 30 \text{ dB} \\ G_e &= G_{m\acute{a}x} - 10 && \text{para} && (G_{m\acute{a}x} - G_{m\acute{i}n}) \geq 30 \text{ dB} \end{aligned} \quad (5)$$

donde:

- G_e : ganancia de la antena de estación terrena coordinadora (dBi) hacia el horizonte en el ángulo de elevación del horizonte y el acimut considerado en la ecuación (4)
- $G_{m\acute{a}x}, G_{m\acute{i}n}$: valores máximo y mínimo de la ganancia de antena hacia el horizonte (dBi), respectivamente, en el acimut considerado.

Los valores máximo y mínimo de la ganancia de antena hacia el horizonte, en el acimut considerado, se derivan del diagrama de antena y la separación angular máxima y mínima del eje del haz principal de la antena con relación a la dirección del horizonte físico en el acimut considerado.

Cuando se especifica un solo valor de ángulo de elevación mínimo para el eje del haz principal de la antena de estación terrena para todos los acimutes, los valores mínimo y máximo de la ganancia hacia el horizonte se pueden determinar, para cada acimut considerado, a partir del diagrama de antena y del ángulo de elevación del horizonte en ese acimut. El trazo del ángulo de elevación del horizonte con respecto al acimut se denomina el perfil de horizonte de cada estación terrena.

En la determinación de los valores máximo y mínimo de la ganancia de antena hacia el horizonte se pueden incluir restricciones adicionales, cuando una estación terrena está funcionando con una constelación de satélites no geoestacionarios en una latitud para la cual ningún satélite está visible en el ángulo de elevación mínimo especificado de la estación terrena en una gama de ángulos de acimut. En esta gama, el ángulo de elevación mínimo del eje del haz principal de la antena de estación terrena viene dado por el ángulo de elevación mínimo en el cual cualquier satélite de la constelación es visible en ese acimut. La dependencia acimutal de este ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite se puede determinar considerando la altitud orbital y la inclinación de los satélites en la constelación, sin recurrir a simulación, aplicando el procedimiento indicado en el § 1.1 del Apéndice 4 a este Anexo. En este caso, la ganancia hacia el horizonte que se ha de utilizar en el método depende del perfil del ángulo de elevación mínimo compuesto. Este ángulo de elevación mínimo compuesto en cualquier acimut es el mayor entre el ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite, en el acimut considerado, y el ángulo de elevación mínimo especificado para la estación terrena que es independiente del acimut.

De este modo, en cada acimut considerado, la ganancia de antena máxima hacia el horizonte se determinará a partir del valor mínimo de la separación angular entre el perfil de horizonte de la estación terrena en este acimut y el perfil del ángulo de elevación compuesto mínimo. De manera similar, la ganancia de antena hacia el horizonte mínima se determinará a partir del valor máximo de la separación angular entre el perfil de horizonte de estación terrena en este acimut y el perfil del ángulo de elevación compuesto mínimo. El procedimiento para calcular las separaciones angulares mínima y máxima a partir del perfil del ángulo de elevación compuesto mínimo se indica en el § 1.2 del Apéndice 4 al presente Anexo.

La distancia requerida del modo de propagación (1) se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 4 y los métodos detallados del Apéndice 1 al presente Anexo. En el § 4.4 figura orientación específica relativa a la aplicación de los cálculos de propagación.

2.2.2 Determinación de un contorno suplementario mediante el método TVG

El método TVG requiere la distribución acumulada de la ganancia de antena hacia el horizonte dependiente del tiempo de cada estación terrena que funciona con una estación espacial no geostacionaria. En comparación con el método TIG, el método TVG da normalmente distancias más pequeñas, pero con él resulta más difícil determinar la distribución acumulada de la ganancia hacia el horizonte de la estación terrena para cada acimut que ha de considerarse. El método TVG aproxima estrechamente la convolución de la distribución de la ganancia hacia el horizonte de la antena de la estación terrena y la pérdida de trayecto del modo de propagación (1). Este método puede producir distancias ligeramente más pequeñas que las obtenidas con una convolución ideal. La convolución ideal no se puede aplicar debido a las limitaciones del modelo actual para el modo de propagación (1). La distancia requerida del modo de propagación (1), en el acimut considerado, se considera como la distancia mayor obtenida con un conjunto de cálculos, cada uno de los cuales se basa en la ecuación (4). Por conveniencia, en estos cálculos, esta ecuación puede ser reescrita para el n -ésimo cálculo en la forma siguiente:

$$L_b(p_v) - G_e(p_n) = P_t + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (6)$$

con la restricción:

$$p_v = \begin{cases} 100 p/p_n & \text{para } p_n \geq 2 p \\ 50 & \text{para } p_n < 2 p \end{cases} \quad \%$$

donde:

- $P_t, P_r(p)$: valores que se definen en las ecuaciones en el § 1.3, donde p es el porcentaje de tiempo asociado con la potencia de interferencia admisible $P_r(p)$
- G_x : ganancia de antena máxima supuesta para la estación terrenal (dBi). Los Cuadros 14 y 15 indican los valores para G_x en las distintas bandas de frecuencias
- $G_e(p_n)$: ganancia hacia el horizonte de la antena de estación terrena coordinadora (dBi) que es rebasada durante el $p_n\%$ del tiempo en el acimut considerado
- $L_b(p_v)$: pérdida requerida mínima (dB) del modo de propagación (1) durante el $p_v\%$ del tiempo; esta pérdida debe ser rebasada por la pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1) durante todo el tiempo, salvo el $p_v\%$.

Los valores de los porcentajes de tiempo, p_n , que se han de utilizar en la ecuación (6) se determinan en el contexto de la distribución acumulada de la ganancia de antena hacia el horizonte. Hay que elaborar esta distribución para un conjunto predeterminado de valores de ganancia de antena hacia el horizonte que abarque la gama desde los valores mínimo al máximo para el acimut considerado. La notación $G_e(p_n)$ indica el valor de ganancia de antena hacia el horizonte para el cual el complemento de la distribución acumulada de la ganancia de antena hacia el horizonte tiene el valor correspondiente al porcentaje de tiempo p_n . El valor p_n es el porcentaje de tiempo que la ganancia de antena hacia el horizonte rebasa el n -ésimo valor de ganancia de antena hacia el horizonte. Para determinar esta distribución se puede utilizar el procedimiento indicado en el § 2 del Apéndice 4.

Para cada valor de p_n , el valor de la ganancia de antena hacia el horizonte durante este porcentaje de tiempo, $G_e(p_n)$, se utiliza en la ecuación (6) para determinar una pérdida requerida mínima del modo de propagación (1). La pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1) ha de rebasar esta pérdida requerida del modo de propagación (1) durante no más del $p_v\%$ del tiempo, según lo especificado por la restricción de la ecuación (6). Se ha de determinar una serie de distancias del modo de propagación (1) utilizando los procedimientos descritos en el § 4 y los métodos detallados en el Apéndice 1 a este Anexo. En el § 4.4 figura orientación específica relativa a la aplicación de los cálculos de propagación.

La distancia requerida del modo de propagación (1) es la distancia máxima de la serie de distancias del modo de propagación (1) que se obtienen para cualquier valor de p_n sujeto a la restricción aplicada a la ecuación (6). En el

Apéndice 5 a este Anexo figura una descripción detallada del método para utilizar la ecuación (6) con miras a determinar la distancia requerida del modo de propagación (1).

3 Determinación de la zona de coordinación entre estaciones terrenas que funcionan en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente

Este punto describe los procedimientos que se han de utilizar para determinar la zona de coordinación bidireccional para una estación terrena que transmite en una banda de frecuencias atribuidas a servicios espaciales en los sentidos Tierra-espacio y espacio-Tierra.

Hay diversos casos de coordinación que comprenden solamente ganancias de antena independientes del tiempo, o solamente ganancias de antena dependientes del tiempo (ambas estaciones terrenas funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias), o una ganancia de antena dependiente del tiempo y una ganancia de antena independiente del tiempo.

A continuación se describen los métodos para determinar la zona de coordinación específica de cada uno de estos casos bidireccionales. Los procedimientos aplicables al caso de coordinación cuando ambas estaciones terrenas funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias se indican en el § 3.1. Los otros casos de coordinación bidireccional se consideran en el § 3.2, donde se presta particular atención a los métodos para utilizar la ganancia hacia el horizonte de la estación terrena receptora para cada uno de los posibles casos de coordinación en el procedimiento adecuado del § 2.

El Cuadro 16 proporciona los parámetros que se han de utilizar para determinar la zona de coordinación. El Cuadro 16 indica también si, en cada banda, la estación terrena receptora funciona con estaciones espaciales geoestacionarias o no geoestacionarias. En algunas bandas, las estaciones terrenas receptoras pueden funcionar con estaciones espaciales geoestacionarias o no geoestacionarias. El Cuadro 2 indica el número de contornos de coordinación que hay que trazar para cada caso de coordinación y las secciones que contienen los métodos de cálculo aplicables. Una vez trazado, cada contorno de coordinación debe ser identificado adecuadamente.

CUADRO 2

Contornos de coordinación requeridos para cada caso bidireccional

Estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial en la	Estaciones terrenas receptoras desconocidas que funcionan con estaciones espaciales en la	Sección que contiene el método para determinar G_t y G_r	Contornos requeridos	
			N.º	Detalles
Órbita geoestacionaria	Órbita geoestacionaria	§ 3.1	1	Un contorno de propagación que comprende los contornos del modo de propagación (1) y del modo de propagación (2)
	Órbita no geoestacionaria	§ 3.2.1	1	Un contorno de coordinación del modo de propagación (1)
	Órbitas geoestacionarias o no geoestacionarias ⁽¹⁾	§ 3.1.1 y 3.2.1	2	Dos contornos de coordinación separados, uno para la órbita geoestacionaria (contornos del modo de propagación (1) y del modo (2)) y uno para la órbita no geoestacionaria (contorno del modo de propagación (1))
Órbita no geoestacionaria	Órbita geoestacionaria	§ 3.2.2	1	Un contorno de coordinación del modo de propagación (1)
	Órbita no geoestacionaria	§ 3.2.3	1	Un contorno de coordinación del modo de propagación (1)
	Órbitas geoestacionarias o no geoestacionarias ⁽¹⁾	§ 3.2.2 y 3.2.3	2	Dos contornos de propagación separados del modo de propagación (1) uno para la órbita geoestacionaria y uno para la órbita no geoestacionaria

⁽¹⁾ En este caso, la banda de frecuencias bidireccional puede tener atribuciones en el sentido Tierra-espacio para estaciones espaciales que funcionan tanto en la órbita geoestacionaria como en las órbitas no geoestacionarias. Por consiguiente, la administración que ha de coordinarse no sabrá si las estaciones terrenas receptoras desconocidas están funcionando con estaciones espaciales situadas en la órbita geoestacionaria o no geoestacionaria.

3.1 Estación terrena coordinadora y estación terrena desconocida que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias

Cuando la estación terrena coordinadora y las estaciones terrenas desconocidas funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias, es necesario elaborar un contorno de coordinación que comprenda los contornos de ambos modos de propagación (1) y (2), utilizando los procedimientos descritos en los § 3.1.1 y 3.1.2, respectivamente.

3.1.1 Determinación del contorno del modo de propagación (1) de la estación terrena coordinadora

El procedimiento para determinar el contorno del modo de propagación (1) en este caso difiere del descrito en el § 2.2.1 de dos maneras. En primer lugar, los parámetros que se han de utilizar para la estación terrena receptora desconocida son los indicados en el Cuadro 16. En segundo lugar, y lo que es más importante, el conocimiento de que ambas estaciones terrenas funcionan con satélites geoestacionarios se puede utilizar para calcular el valor del caso más desfavorable de la ganancia hacia el horizonte de la estación terrena receptora hacia la estación terrena transmisora para cada acimut en la estación terrena transmisora. La distancia requerida del modo de propagación (1) es la distancia para la que resultará un valor estimado de pérdida de trayecto del modo de propagación (1) que es igual a la atenuación requerida mínima de dicho modo, $L_b(p)$ (dB), que se define en el § 1.3 y se repite aquí por comodidad.

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (7)$$

donde:

P_t y $P_r(p)$: valores que se definen en el § 1.3

G_t : ganancia de la antena de estación terrena (transmisora) coordinadora (dBi) hacia el horizonte en el ángulo de elevación del horizonte y el acimut considerado

G_r : ganancia hacia el horizonte de la antena de la estación terrena receptora desconocida en el acimut hacia la estación terrena transmisora en el acimut específico desde la estación terrena coordinadora. Los valores se determinan con el procedimiento indicado en el § 2.1 del Apéndice 6 al Anexo 1, sobre la base de los parámetros del Cuadro 16.

Con el fin de facilitar la determinación de los valores de G_r que se han de utilizar en un acimut desde la estación terrena transmisora, se deben hacer varias aproximaciones simplificadoras:

- que el ángulo de elevación del horizonte de la estación terrena receptora es 0° en todos los acimutes;
- que la estación terrena receptora funciona con una estación espacial que tiene inclinación orbital de 0° y que puede estar situada en cualquier parte de la órbita geoestacionaria por encima del ángulo de elevación mínimo, indicado en el Cuadro 16, para la ubicación de la estación terrena receptora;
- que la latitud de la estación terrena receptora es igual que la de la estación terrena transmisora;
- que se puede utilizar geometría plana para interrelacionar los ángulos de acimut en las estaciones terrenas respectivas, en vez de utilizar el trayecto de círculo máximo.

Las primeras tres hipótesis proporcionan la base para determinar la ganancia hacia el horizonte de la estación terrena receptora en cualquier acimut. La hipótesis del ángulo de elevación hacia el horizonte de 0° es conservadora porque el aumento de la ganancia de antena hacia el horizonte debido a la elevación del horizonte, en la práctica sería mayor que el desplazamiento por cualquier apantallamiento de emplazamiento real (aunque no se puede suponer ningún apantallamiento de emplazamiento para la estación terrena receptora, se considera cualquier apantallamiento que pueda existir en la estación terrena transmisora tomando en consideración el ángulo de elevación del horizonte de acuerdo con el § 1 del Apéndice 1 a este Anexo). Las dos últimas hipótesis en la lista simplifican el cálculo de la suma de G_t y G_r a lo largo de cualquier acimut. Como las distancias requeridas del modo de propagación (1) son pequeñas, en términos geométricos globales, estas aproximaciones pueden introducir un pequeño error en la determinación de la ganancia de la antena de la estación terrena receptora hacia el horizonte que, en cualquier caso, no rebasará 2 dB. Debido a la hipótesis de la geometría plana, para un acimut dado en la estación terrena transmisora, el valor apropiado de la ganancia de la antena de la estación terrena receptora hacia el horizonte es el valor en el acimut opuesto (es decir, $\pm 180^\circ$, véase el § 2.1 del Apéndice 6 al Anexo 1) en la estación terrena receptora.

La distancia requerida del modo de propagación (1) se determina después utilizando los procedimientos descritos en el § 4 y los métodos detallados en el Apéndice 1 a este Anexo. En el § 4.4 figura orientación específica relativa a la aplicación de los cálculos de propagación.

3.1.2 Determinación del contorno de la estación terrena coordinadora en modo de propagación (2)

El procedimiento para determinar este contorno para una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial geoestacionaria utiliza las mismas aproximaciones simplificadoras indicadas en el § 3.1.1, pero se basa en una construcción geométrica que evita la necesidad de un modelo de propagación complejo (véase el § 3 del Apéndice 6 al Anexo 1). No es posible utilizar contornos auxiliares en este método, porque los cálculos no se basan en la atenuación requerida del modo de propagación (2).

El contorno del modo de propagación (2) se determina utilizando el ángulo de elevación y el acimut desde la estación terrena transmisora coordinadora hacia la estación espacial, con las dos consideraciones siguientes:

- la distancia de coordinación mínima (véase el § 4.2) será la distancia requerida para algunos acimutes; y
- una distancia requerida correspondiente al caso más desfavorable determinada por la geometría de la dispersión por hidrometeoros para una estación terrena receptora situada en uno de los dos sectores acimutales de 6°. Dentro de estos sectores, se supone que la estación terrena receptora está funcionando en el ángulo de elevación mínimo hacia una estación espacial en la órbita geoestacionaria y que su haz principal intersecta el haz para la estación transmisora coordinadora en el punto donde el segundo haz pasa a través de la altura de la lluvia, h_R . Aunque la dispersión se puede producir en cualquier parte entre la estación terrena coordinadora y este punto, la intersección de los dos haces en este punto representa el caso de interferencia más desfavorable. En consecuencia, el resultado es la distancia requerida del caso más desfavorable para estaciones terrenas receptoras situadas en los dos sectores acimutales.

Para una estación terrena que funciona con una estación espacial en una órbita inclinada, en los cálculos se utiliza el ángulo de elevación de la antena operacional más bajo previsto y su acimut asociado.

El contorno del modo de propagación (2) se determina utilizando el método indicado en el § 3 del Apéndice 6 al Anexo 1.

3.2 Estación terrena coordinadora o estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Cuando una estación terrena (transmisora) coordinadora funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias, en los siguientes procedimientos se supone que la estación terrena efectúa el seguimiento de la estación espacial, en los demás casos véase el § 1.4.2.

Cuando la estación terrena receptora está funcionando con estaciones espaciales no geoestacionarias, sólo es posible identificar una ganancia hacia el horizonte independiente del tiempo que se ha de utilizar, en todos los acimutes, para determinar la zona de coordinación, y se aplica el método descrito en § 2.2.1.

El Cuadro 16 proporciona los valores de ganancia de antena hacia el horizonte que se han de utilizar en los cálculos.

Se puede necesitar uno o más de los tres procedimientos siguientes para determinar los contornos de coordinación requeridos en el modo de propagación (1) del Cuadro 2. Los contornos del modo de propagación (2) no se requieren para ninguno de los casos cuando una de las dos estaciones terrenas funciona con estaciones espaciales en órbitas no geoestacionarias.

3.2.1 Estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial geoestacionaria con respecto a estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Cuando la estación terrena coordinadora funciona con una estación espacial en la órbita geoestacionaria y las estaciones terrenas desconocidas funcionan con estaciones espaciales en órbitas no geoestacionarias, la zona de coordinación del modo de propagación (1) se determina utilizando los procedimientos descritos en el § 2.1.1. La única modificación necesaria es utilizar la ganancia de antena hacia el horizonte, G_r , de la estación terrena receptora desconocida en lugar de la ganancia de estación terrenal, G_x . Los valores apropiados para esta ganancia y los parámetros de sistema adecuados figuran en el Cuadro 16.

3.2.2 Estación terrena coordinadora que funciona con una estación espacial no geoestacionaria con respecto a estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias

Cuando la estación terrena coordinadora funciona con estaciones espaciales en órbitas no geoestacionarias y las estaciones terrenas desconocidas funcionan con estaciones espaciales en la órbita geoestacionaria, la ganancia de antena hacia el horizonte, G_r , para la estación terrena receptora desconocida se determina de acuerdo con las aproximaciones simplificadoras del § 3.1.1, elaboradas en el § 2.1 del Apéndice 6 al Anexo 1, y los parámetros del Cuadro 16. Para determinar la zona de coordinación del modo de propagación (1) se sigue después el procedimiento seleccionado del § 2.2 utilizando la ganancia hacia el horizonte apropiada de la estación terrena receptora en cada acimut considerado y los parámetros de sistema adecuados del Cuadro 16.

3.2.3 Estación terrena coordinadora y estaciones terrenas desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Cuando la estación terrena coordinadora y las estaciones terrenas desconocidas funcionan con estaciones espaciales en órbitas no geoestacionarias, la zona de coordinación en el modo de propagación (1) se determina utilizando el procedimiento descrito en el § 2.2. La única modificación es utilizar la ganancia de antena hacia el horizonte, G_r , de la estación terrena receptora desconocida en lugar de la ganancia de antena de la estación terrenal. Los valores adecuados para esta ganancia y los parámetros de sistema adecuados se indican en el Cuadro 16.

4 Consideraciones generales para determinar la distancia requerida para el modo de propagación (1)

Para determinar la distancia requerida en el modo de propagación (1), la gama de frecuencias aplicables se ha dividido en tres partes. Los cálculos de propagación para las frecuencias en ondas métricas/decimétricas entre 100 MHz y 790 MHz se basan en las curvas de la pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1). De 790 MHz a 60 GHz, el modelado de la propagación utiliza modelos de dispersión troposférica, de propagación por conductos y de reflexión/refracción en las capas. A frecuencias más altas, hasta 105 GHz, el modelo se basa en una pérdida en el espacio libre y una hipótesis moderada para la absorción gaseosa. La posible gama de porcentajes de tiempo es diferente en los distintos modelos de propagación.

Después de tomar en consideración el apantallamiento del emplazamiento (§ 1 del Apéndice 1 al Anexo 1), para la estación terrena coordinadora solamente, se utilizan los siguientes métodos para determinar las distancias requeridas del modo de propagación (1):

- Para frecuencias entre 100 MHz y 790 MHz, el método descrito en el § 2 del Apéndice 1.
- Para frecuencias entre 790 MHz y 60 GHz, el método descrito en el § 3 del Apéndice 1.
- Para frecuencias entre 60 MHz y 105 GHz, el método descrito en el § 4 del Apéndice 1.

Los tres métodos mencionados se basan en un valor de atenuación requerida mínima del modo de propagación (1), determinada de acuerdo con los parámetros de sistema adecuados de los Cuadros 14, 15 y 16.

4.1 Información sobre las zonas radioclimáticas

Para calcular la distancia requerida del modo de propagación (1), el mundo ha sido clasificado desde el punto de vista de un parámetro radiometeorológico que representa condiciones de propagación anómalas con aire despejado. El porcentaje de tiempo β_e durante el cual existe esta condición de propagación anómala con aire despejado, depende de la latitud y viene dado por:

$$\beta_e = \begin{cases} 10^{1,67-0,015\zeta_r} & \text{para } \zeta_r \leq 70^\circ \\ 4,17 & \text{para } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (8)$$

$$\beta_e = \begin{cases} 10^{1,67-0,015\zeta_r} & \text{para } \zeta_r \leq 70^\circ \\ 4,17 & \text{para } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (9)$$

con:

$$\zeta_r = \begin{cases} |\zeta| - 1,8 & \text{para } |\zeta| > 1,8^\circ \\ 0 & \text{para } |\zeta| \leq 1,8^\circ \end{cases} \quad (10)$$

$$\zeta_r = \begin{cases} |\zeta| - 1,8 & \text{para } |\zeta| > 1,8^\circ \\ 0 & \text{para } |\zeta| \leq 1,8^\circ \end{cases} \quad (11)$$

donde ξ es la latitud de la ubicación de la estación terrena (grados).

Para las frecuencias entre 790 MHz y 60 GHz, se utiliza en los cálculos del modo de propagación (1) la refractividad en la superficie del nivel del mar en el centro del trayecto, N_0 . Se puede calcular utilizando:

$$N_0 = 330 + 62,6 e^{-\left(\frac{\zeta-2}{32,7}\right)^2} \quad (12)$$

4.2 Distancia de coordinación mínima para los modos de propagación (1) y (2)

La distancia de coordinación mínima se puede calcular en dos pasos. Primero, se calcula la distancia d_x utilizando:

$$d_x = 100 + \frac{(\beta_e - 40)}{2} \quad \text{km} \quad (13)$$

donde β_e se indica en el § 4.1.

Después se calcula la distancia de coordinación mínima en cualquier frecuencia, f (GHz) en la gama de 100 MHz-105 GHz utilizando:

$$d_{min} = \begin{cases} 100 + \frac{(\beta_e - f)}{2} & \text{km} & \text{para} & f < 40 \text{ GHz} & (14) \\ \frac{(54 - f)d_x + 10(f - 40)}{14} & \text{km} & \text{para} & 40 \text{ GHz} \leq f < 54 \text{ GHz} & (15) \\ 10 & \text{km} & \text{para} & 54 \text{ GHz} \leq f < 66 \text{ GHz} & (16) \\ \frac{10(75 - f) + 45(f - 66)}{9} & \text{km} & \text{para} & 66 \text{ GHz} \leq f < 75 \text{ GHz} & (17) \\ 45 & \text{km} & \text{para} & 75 \text{ GHz} \leq f < 90 \text{ GHz} & (18) \\ 45 - \frac{(f - 90)}{1,5} & \text{km} & \text{para} & 90 \text{ GHz} \leq f \leq 105 \text{ GHz} & (19) \end{cases}$$

La distancia a partir de la cual comienzan todos los cálculos iterativos (para los modos de propagación (1) y (2)), es la distancia de coordinación mínima, d_{min} , indicada en las ecuaciones (14) a (19).

4.3 Distancia de coordinación máxima para el modo de propagación (1)

En el cálculo iterativo descrito en el Apéndice 1 al Anexo 1, es necesario fijar un límite superior, $d_{máx1}$, a la distancia de coordinación del modo de propagación (1).

Para distancias inferiores o iguales a 60 GHz y trayectos de propagación enteramente dentro de una sola zona, la distancia no rebasará la distancia de coordinación máxima indicada en el Cuadro 3 para esa zona.

Para trayectos mixtos, la distancia requerida puede comprender una o más contribuciones de las Zonas A1, A2, B y C. La distancia total para cualquier zona no debe rebasar el valor indicado en el Cuadro 3. La distancia requerida global no debe rebasar el valor del Cuadro 3 para la zona en el trayecto mixto que tiene el valor más grande del Cuadro 3. Así pues, un trayecto que comprende las Zonas A1 y A2 no debe exceder de 500 km.

CUADRO 3

Distancias de coordinación máximas para el modo de propagación (1) en frecuencias por debajo de 60 GHz

Zona	$d_{máx1}$ (km)
A1	500
A2	375
B	900
C	1 200

Para las frecuencias por encima de 60 GHz, la distancia de coordinación máxima, $d_{máx1}$, viene dada por:

$$d_{máx1} = 80 - 10 \log \left(\frac{p}{50} \right) \quad (20)$$

donde p se define en el § 1.3.

4.4 Orientación para la aplicación de los procedimientos del modo de propagación (1)

Como se explica en el § 1.3, cuando las estaciones terrenas comparten bandas de frecuencias con estaciones terrenales, es adecuado aplicar un factor de corrección, C_i (dB), a las hipótesis del caso más desfavorable en los parámetros y en la geometría del trayecto de interferencia. Este factor de corrección tiene en cuenta que la hipótesis según la cual todos los valores del caso más desfavorable se producirán simultáneamente no es realista al determinar las distancias requeridas en el modo de propagación (1).

Las características de los sistemas terrenales dependen de la banda de frecuencia, por lo que el valor del factor de corrección que se ha de aplicar sigue la dependencia con respecto a la frecuencia indicada en la ecuación (21). A frecuencias entre 100 MHz y 400 MHz, y entre 60 GHz y 105 GHz, la compartición entre estaciones terrenas y sistemas terrenales es un adelanto reciente, por lo que hay poca experiencia práctica, o posibilidades de analizar los sistemas operacionales. Por consiguiente, el valor del factor de corrección es 0 dB en estas bandas. Entre 400 MHz y 790 MHz y entre 4,2 GHz y 60 GHz, el valor del factor de corrección se reduce proporcionalmente al logaritmo de la frecuencia, como se indica en la ecuación (21).

El valor del factor nominal de corrección que se ha de utilizar en cualquier frecuencia f (GHz) viene dado por:

$$X(f) = \begin{cases} 0 & \text{dB} & \text{para} & f \leq 0,4 \text{ GHz} \\ 3,3833X(\log f + 0,3979) & \text{dB} & \text{para} & 0,4 \text{ GHz} < f \leq 0,79 \text{ GHz} \\ X & \text{dB} & \text{para} & 0,79 \text{ GHz} < f \leq 4,2 \text{ GHz} \\ -0,8659X(\log f - 1,7781) & \text{dB} & \text{para} & 4,2 \text{ GHz} < f \leq 60 \text{ GHz} \\ 0 & \text{dB} & \text{para} & f > 60 \text{ GHz} \end{cases} \quad (21)$$

donde:

X : 15 dB para una estación terrena transmisora y 25 dB para una estación terrena receptora.

En principio, el valor del factor nominal de corrección, $X(f)$, es independiente de la distancia y del trayecto. Sin embargo, hay varios aspectos relacionados con el riesgo de interferencia a distancias más cortas, y no es apropiado aplicar la corrección nominal completa en estas distancias. Por consiguiente, el factor de corrección, C_i , se aplica proporcionalmente en función de la distancia a lo largo del acimut considerado, comenzando con 0 dB en $d_{mín}$, de modo que se alcance el valor completo de $X(f)$ a una distancia nominal de 375 km desde la estación terrena.

En consecuencia, la corrección se aplica utilizando la constante de corrección $Z(f)$ (dB/km) donde:

$$Z(f) = \frac{X(f)}{375 - d_{mín}} \quad \text{dB/km} \quad (22)$$

El factor de corrección C_i (dB) se calcula en las ecuaciones (29b) y (53) a partir de la constante de corrección $Z(f)$ (dB/km).

En distancias superiores a 375 km, el factor de corrección C_i que se ha de aplicar es el valor de C_i correspondiente a la distancia de 375 km.

Además, se aplica el valor más alto del factor de corrección solamente en trayectos terrestres. El factor de corrección es 0 dB para trayectos totalmente marítimos. Una proporción del factor de corrección se aplica en trayectos mixtos. La magnitud de la corrección que se ha de aplicar a un trayecto determinado viene dada por los parámetros de descripción del trayecto utilizados para el cálculo del modo de propagación (1) (factores de corrección C_i y C_{2i} en los § 2 y 3 respectivamente del Apéndice 1 al Anexo 1). Como el factor de corrección depende de la distancia, se aplica automáticamente en el cálculo iterativo efectuado para determinar la distancia requerida del modo de propagación (1) (véase el Apéndice 1 al Anexo 1).

El factor de corrección no se aplica al caso bidireccional ni tampoco en la determinación del contorno de coordinación bidireccional:

$$Z(f) = 0 \quad \text{dB/km}$$

Para determinar los contornos auxiliares en el modo de propagación (1), la atenuación requerida mínima de dicho modo de propagación, $L_b(p)$ para el $p\%$ del tiempo (véase el § 1.3) de la ecuación (1) se sustituye por:

$$L_{bq}(p) = L_b(p) + Q \quad \text{dB} \quad (23)$$

donde:

Q : valor de contorno auxiliar (dB).

Obsérvese que se supone que los valores de contornos auxiliares son negativos (es decir, -5 , -10 , -15 , -20 dB, etc.).

5 Consideraciones generales sobre la determinación de la distancia requerida en el modo de propagación (2)

La determinación del contorno para la dispersión por hidrometeoros (por ejemplo, dispersión debida a la lluvia) se predice en una geometría de trayecto que es esencialmente diferente de la geometría de los mecanismos de propagación círculo máximo. La dispersión por hidrometeoros se puede producir cuando se produce la intersección de los haces de la estación terrena y de la estación terrena (parcial o completamente) en la altura de la lluvia h_R , o por debajo de ésta (véase el § 3 del Apéndice 2). Se supone que por encima de esta altura de la lluvia el efecto de dispersión será suprimido por la atenuación adicional y que no contribuirá significativamente al potencial de interferencia. Para determinar el contorno del modo de propagación (2), se supone que el haz principal de cualquier estación terrenal intersecta exactamente el haz principal de la estación terrena coordinadora. Los efectos mitigadores de intersecciones de haces parciales pueden ser determinados utilizando los contornos auxiliares del modo de propagación (2).

Dado que, en una primera aproximación, la energía de microondas es dispersada isotrópicamente por la lluvia, puede considerarse que la interferencia se propaga igualmente en todos acimutes alrededor del volumen común centrado en la intersección de los haces (véase el § 1.3). En general, la intersección de los haces no estará en el trayecto de círculo máximo entre las dos estaciones. Un volumen común puede resultar de las estaciones terrenales situadas en cualquier parte alrededor de la estación terrena, incluidas ubicaciones que están detrás de la estación terrena.

El contorno del modo de propagación (2) es un círculo con un radio igual a la distancia requerida del modo de propagación (2). A diferencia del modo de propagación (1), el contorno del modo de propagación (2) no está centrado en la ubicación física de la estación terrena, sino en un punto en la superficie de la Tierra inmediatamente por debajo del centro del volumen común.

Puede existir un volumen común, con igual probabilidad, en cualquier punto a lo largo del haz de la estación terrena entre la ubicación de la estación terrena y el punto en el cual el haz alcanza la altura de la lluvia. Para proporcionar la protección adecuada para/desde las estaciones terrenales (véase la Nota 1), se supone que el centro del volumen común está en la mitad del camino entre la estación terrena y el punto de intersección de su haz con la altura de la lluvia. La distancia entre la proyección de este punto en la superficie de la Tierra y la ubicación de la estación terrena se conoce como Δd (véase el § 4 del Apéndice 2 al Anexo 1). El centro del contorno del modo de propagación (2) es, por tanto, Δd (km) desde la estación terrena en el acimut del eje del haz principal de la estación terrena.

NOTA 1 – Este procedimiento no se aplica en el caso de una estación terrena que comparte una banda de frecuencias con otras estaciones terrenales que funcionan en el sentido de transmisión opuesto, pues para ese caso específico el contorno del modo de propagación (2) se basa en una construcción geométrica.

5.1 Distancia requerida para el modo de propagación (2)

Las distancias requeridas para el modo de propagación (2) se miden a lo largo de una dirección radial que se origina en el centro del volumen común de la dispersión debida a la lluvia. El cálculo requiere iteración para la distancia, comenzando en la misma distancia mínima definida para el modo de propagación (1) hasta que se logra la atenuación requerida mínima del modo de propagación (2) o una distancia de cálculo máxima de dicho modo que depende de la latitud. Los cálculos del modo de propagación (2) utilizan el método descrito en el Apéndice 2 al Anexo 1. Sólo hay que efectuar los cálculos en la gama de frecuencias 1 000 MHz a 40,5 GHz. Fuera de esta gama, se puede despreciar la interferencia por dispersión debida a la lluvia y la distancia requerida del modo de propagación (2) se fija a la distancia de coordinación mínima dada por las ecuaciones (14) a (19).

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Determinación de la distancia requerida para el modo de propagación (1)**1 Ajustes del ángulo de elevación hacia el horizonte y de la distancia de la estación terrena**

Para el modo de propagación (1), la distancia requerida depende de las características del horizonte físico alrededor de la estación terrena. El horizonte se caracteriza por la distancia hasta el horizonte, d_h (véase más adelante) y el ángulo de elevación del horizonte, ε_h . El ángulo de elevación del horizonte se define aquí como el ángulo (grados), visto desde el centro de la antena de la estación terrena, entre el plano horizontal y un rayo que roza el horizonte físico en la dirección en cuestión. El valor de ε_h es positivo cuando el horizonte físico está por encima del plano horizontal y negativo cuando está por debajo.

Es necesario determinar los ángulos de elevación del horizonte y las distancias para todos los acimutes alrededor de una estación terrena. En la práctica, en general bastará hacer esto en incrementos de acimutes de 5° . Sin embargo, se debe intentar identificar, y tomar en consideración, los ángulos de elevación del horizonte mínimos que pueden producirse entre los acimutes examinados en incrementos de 5° .

Para determinar la distancia requerida del modo de propagación (1) es útil separar los efectos de propagación relacionados con el horizonte local alrededor de la estación terrena que, en algunos o en todos los acimutes, puede estar determinado por colinas o montañas cercanas, de los efectos de propagación en el resto del trayecto. Esto se logra refiriendo el modelo de propagación a un ángulo de elevación del horizonte de 0° para la estación terrena coordinadora, e incluyendo después un término específico A_h para tratar las características conocidas del horizonte de la estación terrena coordinadora. Cuando proceda, A_h modifica el valor de la pérdida de trayecto, en cada acimut, del cual se deriva la distancia requerida del modo de propagación (1).

Se han de considerar dos situaciones que puede cambiar el nivel de atenuación para la atenuación de trayecto del modo de propagación (1) para el caso de referencia de 0° :

- La primera es cuando la estación terrena coordinadora tiene un ángulo de elevación del horizonte positivo (en un determinado acimut). En este caso, aprovechará la atenuación de propagación adicional por difracción en el horizonte (lo que se denomina generalmente apantallamiento del emplazamiento). En consecuencia, la atenuación A_h es positiva y se reduce el valor de la atenuación de trayecto que se requiere, en comparación con el caso de referencia del ángulo de elevación del horizonte de 0° (véanse las ecuaciones (28a) y (28b)).
- La segunda situación es cuando la estación terrena coordinadora está en una ubicación por encima del primer plano local, y tiene un ángulo de elevación del horizonte negativo (hacia abajo) en un determinado acimut. En este caso, se necesita una medida de protección adicional, porque la distancia angular del trayecto a lo largo de la dirección radial se reduce y por tanto la pérdida de trayecto para una distancia dada será menor que para el caso del ángulo de elevación de 0° . Es conveniente tratar este efecto como parte del cálculo de apantallamiento del emplazamiento. Por consiguiente, en este caso la atenuación A_h será negativa y aumenta el valor de la atenuación de trayecto que se requiere, en comparación con el caso de referencia del ángulo de elevación del horizonte de 0° .

La contribución de la atenuación debida a las características del horizonte de la estación terrena coordinadora a la atenuación requerida mínima del modo de propagación (1) modifica el valor de la pérdida de trayecto que hay que calcular para los tres modelos del modo de propagación (1). La atenuación A_h se calcula para cada acimut alrededor de la estación terrena coordinadora como sigue.

La distancia del horizonte, d_h , desde la ubicación de la estación terrena, se determina mediante:

$$d_h = \begin{cases} 0,5 \text{ km} & \text{si no se dispone de información sobre la distancia hasta el horizonte, o si la distancia es } < 0,5 \text{ km} \\ \text{distancia hasta el horizonte (km)} & \text{si está dentro de la gama de } 0,5 \text{ km} \leq \text{distancia hasta el horizonte} \leq 5,0 \text{ km} \\ 5,0 \text{ km} & \text{si la distancia hasta el horizonte es } > 5,0 \text{ km} \end{cases}$$

La contribución de la distancia hasta el horizonte, d_h , a la atenuación total del apantallamiento del emplazamiento viene dada por A_d (dB) para cada acimut utilizando:

$$A_d = 15 \left[1 - \exp \left(\frac{0,5 - d_h}{5} \right) \right] \left[1 - \exp \left(-\varepsilon_h f^{1/3} \right) \right] \quad \text{dB} \quad (24)$$

donde f es la frecuencia (GHz) en este Apéndice.

La atenuación total del apantallamiento del emplazamiento a lo largo de cada acimut desde la estación terrena coordinadora viene dada por:

$$A_h = \begin{cases} 20 \log (1 + 4,5\varepsilon_h f^{1/2}) + \varepsilon_h f^{1/3} + A_d & \text{dB} & \text{para} & \varepsilon_h \geq 0^\circ & (25a) \\ 3 \left[(f + 1)^{1/2} - 0,0001 f - 1,0487 \right] \varepsilon_h & \text{dB} & \text{para} & 0^\circ > \varepsilon_h \geq -0,5 & (25b) \\ -1,5 \left[(f + 1)^{1/2} - 0,0001 f - 1,0487 \right] & \text{dB} & \text{para} & \varepsilon_h < -0,5^\circ & (25c) \end{cases}$$

El valor de A_h se debe limitar para satisfacer las condiciones:

$$-10 \leq A_h \leq (30 + \varepsilon_h) \quad (26)$$

En las ecuaciones (24), (25) y (26), el valor de ε_h se debe expresar siempre en grados. Los límites definidos en la ecuación (26) se especifican porque en situaciones prácticas no se puede efectuar la protección fuera de estos límites.

2 Frecuencias entre 100 MHz y 790 MHz

El modelo de propagación indicado en este punto está limitado a un porcentaje de tiempo anual medio, p , en la gama 1% a 50%.

Se utiliza un proceso iterativo para determinar la distancia requerida del modo de propagación (1). En primer lugar, se evalúa la ecuación (28). Después, comenzando en la distancia de coordinación mínima, d_{min} , dada por el método descrito en el § 1.5.3 del Anexo 1, se iteran las ecuaciones (29) a (32) para las distancias d_i (donde $i = 0, 1, 2, \dots$) incrementadas en pasos de s (km) como se describe en el § 1.3 del Anexo 1. En cada iteración d_i es la distancia considerada. Este proceso continúa hasta que una de las dos expresiones siguientes es verdadera:

$$L_2(p) \geq \begin{cases} L_1(p) & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ L_{1q}(p) & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (27a)$$

o:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{máx1} & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ d_1 & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (27b)$$

La distancia requerida, d_1 , o la distancia de contorno auxiliar, d_q , vienen dadas por la distancia para la última iteración, es decir:

$$d_1 = d_i \quad (27c)$$

o:

$$d_q = d_i \quad (27d)$$

Como se desconoce la combinación de zonas de un trayecto, todos los trayectos son tratados como si fuesen trayectos terrestres y marítimos. Se efectúan cálculos paralelos, el primero suponiendo que todo trayecto es terrestre y un segundo suponiendo que todo el trayecto es marítimo. Se efectúa una interpolación no lineal, cuyo resultado depende de la mezcla actual de pérdidas sobre la tierra y sobre el mar en la distancia, d_i . Cuando el trayecto incluye secciones de zonas de mares cálidos y de mares fríos, se supone que todos los mares a lo largo de ese trayecto son cálidos.

Para el contorno principal o suplementario:

$$L_1(p) = L_b(p) - A_h \quad (28a)$$

Para un contorno auxiliar:

$$L_{1q}(p) = L_{bq}(p) - A_h \quad (28b)$$

donde:

$L_b(p)$ (dB) y $L_{bq}(p)$ (dB): atenuación mínima requerida durante el $p\%$ del tiempo, respectivamente para el contorno principal o suplementario y para el contorno auxiliar del valor Q (dB) (véanse los § 1.3 y 1.6 del Anexo 1).

Cálculos iterativos

Al comienzo de cada iteración, se ha de calcular la distancia para $i = 0, 1, 2, \dots$:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (29a)$$

El factor de corrección, C_i (dB), (véase el § 4.4 del Anexo 1) para la distancia, d_i , viene dado por:

$$C_i = \begin{cases} Z(f)(d_i - d_{min}) & \text{dB para el contorno principal o suplementario} \\ 0 & \text{dB para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (29b)$$

donde $Z(f)$ viene dada por la ecuación (22) en el § 4.4 del Anexo 1.

Para distancias superiores a 375 km, el valor del factor de corrección (C_i en la ecuación (29b)) que se ha de aplicar es el valor de C_i a la distancia de 375 km.

La atenuación, $L_{bl}(p)$ para la hipótesis de un trayecto totalmente terrestre (Zonas A1 o A2), se evalúa sucesivamente utilizando:

$$L_{bl}(p) = 142,8 + 20 \log f + 10 \log p + 0,1 d_i + C_i \quad (30)$$

La atenuación, $L_{bs}(p)$, para la hipótesis de que el trayecto es totalmente sobre mares fríos (Zona B) o sobre mares cálidos (Zona C) se evalúa sucesivamente utilizando:

$$L_{bs}(p) = \begin{cases} \left. \begin{aligned} &49,91 \log(d_i + 1840 f^{1,76}) + 1,195 f^{0,393} (\log p)^{1,38} d_i^{0,597} \\ &+ (0,01 d_i - 70)(f - 0,1581) + (0,02 - 2 \times 10^{-5} p^2) d_i \\ &+ 9,72 \times 10^{-9} d_i^2 p^2 + 20,2 \end{aligned} \right\} \text{para la Zona B} \quad (31a)$$

$$\left. \begin{aligned} &49,343 \log(d_i + 1840 f^{1,58}) + 1,266 (\log p)^{(0,468 + 2,598 f)} d_i^{0,453} \\ &+ (0,037 d_i - 70)(f - 0,1581) + 1,95 \times 10^{-10} d_i^2 p^3 + 20,2 \end{aligned} \right\} \text{para la Zona C} \quad (31b)$$

La atenuación de trayecto prevista a la distancia real viene dada entonces por:

$$L_2(p) = L_{bs}(p) + \left[1 - \exp \left(-5,5 \left(\frac{d_{tm}}{d_i} \right)^{1,1} \right) \right] (L_{bl}(p) - L_{bs}(p)) \quad (32)$$

donde:

d_{tm} (km): mayor distancia continua sobre tierra (masa terrestre interior + costera), es decir, Zona A1 + Zona A2, a lo largo del trayecto considerado.

3 Frecuencias entre 790 MHz y 60 GHz

El modelo de propagación indicado en este punto está limitado a un porcentaje de tiempo anual medio (p) en la gama 0,001% a 50%.

Se utiliza un proceso iterativo para determinar la distancia requerida del modo de propagación (1). En primer lugar, se evalúan las ecuaciones (34) a (43). Después, comenzando en la distancia de coordinación mínima, d_{min} , se iteran las ecuaciones (44) a (54) para las distancias d_i , donde $i = 0, 1, 2, \dots$, incrementada en pasos de s (km) como se describe en el § 1.3 del Anexo 1. Para cada iteración, d_i es la distancia considerada. Este proceso se continúa hasta que una de las siguientes expresiones es verdadera:

$$\begin{aligned} (L_5(p) \geq L_3(p)) \quad y \quad (L_6(p) \geq L_4(p)) & \quad \text{para el contorno principal o suplementario} \\ (L_5(p) \geq L_{3q}(p)) \quad y \quad (L_6(p) \geq L_{4q}(p)) & \quad \text{para el contorno auxiliar} \end{aligned} \quad (33a)$$

o:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{máx1} & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ d_1 & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (33b)$$

La distancia requerida, d_1 , o la distancia de contorno auxiliar, d_q , viene dada por la distancia considerada para la última iteración, es decir:

$$d_1 = d_i \quad (33c)$$

o:

$$d_q = d_i \quad (33d)$$

Atenuación específica debida a la absorción gaseosa

Calcular la atenuación específica (dB/km) debida a aire seco:

$$\gamma_o = \begin{cases} \left[7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{f^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,50} \right] f^2 \times 10^{-3} & \text{para } f \leq 56,77 \text{ GHz} \\ 10 & \text{para } f > 56,77 \text{ GHz} \end{cases} \quad (34a)$$

$$\quad \quad \quad (34b)$$

La atenuación específica debida a vapor de agua viene dada como una función de ρ (la densidad de vapor de agua (g/m^3)) por la siguiente ecuación:

$$\gamma_w(\rho) = \left(0,050 + 0,0021\rho + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} \right) f^2 \rho \times 10^{-4} \quad (35)$$

Calcular la atenuación específica (dB/km) debida a vapor de agua para el modelo de propagación troposférica utilizando una densidad de vapor de agua de $3,0 \text{ g/m}^3$:

$$\gamma_{wt} = \gamma_w(3,0) \quad (36a)$$

Calcular la atenuación específica (dB/km) debida a vapor de agua para el modelo de propagación por conductos utilizando una densidad de vapor de agua $7,5 \text{ g/m}^3$ para trayectos sobre tierra, Zonas A1 y A2, utilizando:

$$\gamma_{wdl} = \gamma_w(7,5) \quad (36b)$$

Calcular la atenuación específica (dB/km) debida a vapor de agua para el modelo de propagación por conductos utilizando una densidad de vapor de agua de $10,0 \text{ g/m}^3$ para trayectos sobre el mar, Zonas B y C, utilizando:

$$\gamma_{wds} = \gamma_w(10,0) \quad (36c)$$

Obsérvese que el valor de 10 g/m^3 se utiliza para las Zonas B y C en vista de la falta de datos sobre la variabilidad de la densidad del vapor de agua en una base mundial, en particular los valores mínimos.

Calcular la atenuación específica de la propagación por conductos que depende de la frecuencia (dB/km):

$$\gamma_d = 0,05 f^{1/3} \quad (37)$$

Para el modelo de propagación por conductos

Calcular la reducción de la atenuación producida por el acoplamiento directo en conductos sobre el mar (dB):

$$A_c = \frac{-6}{(1 + d_c)} \quad (38)$$

donde d_c (km) es la distancia desde una estación terrena basada en tierra hasta la costa en la dirección considerada.

d_c es cero en otras circunstancias.

Calcular la atenuación mínima que se ha de obtener en los cálculos iterativos:

$$A_1 = 122,43 + 16,5 \log f + A_h + A_c \quad (39)$$

Para el contorno principal o suplementario:

$$L_3(p) = L_b(p) - A_1 \quad (40a)$$

Para un contorno auxiliar:

$$L_{3q}(p) = L_{bq}(p) - A_1 \quad (40b)$$

donde:

$L_b(p)$ (dB) y $L_{bq}(p)$ (dB): atenuación mínima requerida durante el $p\%$ del tiempo respectivamente para el contorno principal o suplementario y para el contorno auxiliar de valor Q (dB) (véanse los § 1.3 y 1.6 del Anexo 1).

Para el modelo de dispersión troposférica

Calcular la parte de atenuación que depende de la frecuencia (dB):

$$L_f = 25 \log(f) - 2,5 \left[\log \left(\frac{f}{2} \right) \right]^2 \quad (41)$$

Calcular la parte de atenuación que no depende de la distancia (dB):

$$A_2 = 187,36 + 10 \varepsilon_h + L_f - 0,15 N_0 - 10,1 \left(-\log \left(\frac{p}{50} \right) \right)^{0,7} \quad (42)$$

donde:

ε_h : ángulo de elevación del horizonte de la estación terrena (grados)

N_0 : refractividad en la superficie del nivel del mar en el centro del trayecto (véase la ecuación (12) en el § 4.1 del Anexo 1).

Calcular el valor requerido mínimo para la atenuación que dependen de la distancia (dB):

Para el contorno principal o suplementario:

$$L_4(p) = L_b(p) - A_2 \quad (43a)$$

Para un contorno auxiliar:

$$L_{4q}(p) = L_{bq}(p) - A_2 \quad (43b)$$

donde:

$L_b(p)$ (dB) y $L_{bq}(p)$ (dB): atenuación mínima requerida durante el $p\%$ del tiempo respectivamente para el contorno principal o suplementario y el contorno auxiliar de valor Q (dB) (véanse los § 1.3 y 1.6 del Anexo 1).

Cálculos iterativos

Al comienzo de cada iteración, se calcula la distancia considerada para $i = 0, 1, 2, \dots$:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (44)$$

Calcular la atenuación específica debida a la absorción gaseosa (dB/km):

$$\gamma_g = \gamma_o + \gamma_{wdl} \left(\frac{d_t}{d_i} \right) + \gamma_{wds} \left(1 - \frac{d_t}{d_i} \right) \quad (45)$$

donde:

d_t (km): distancia combinada sobre tierra, Zonas A1 + Zona A2, en el trayecto considerado.

Calcular los siguientes parámetros que dependen de la zona:

$$\tau = 1 - \exp \left[- \left(4,12 \times 10^{-4} (d_{lm})^{2,41} \right) \right] \quad (46)$$

donde:

d_{lm} (km): mayor distancia continua sobre tierra, Zona A2, en el trayecto considerado.

$$\mu_1 = \left[10^{\frac{-d_{lm}}{16-6,6\tau}} + \left[10^{-(0,496+0,354\tau)} \right]^5 \right]^{0,2} \quad (47)$$

donde:

d_{lm} (km): mayor distancia continua sobre tierra (es decir, masa terrestre interior + litoral), Zona A1 + Zona A2 en el trayecto considerado.

μ_1 estará limitado a $\mu_1 \leq 1$.

$$\sigma = -0,6 - 8,5 \times 10^{-9} d_i^{3,1} \tau \quad (48)$$

σ estará limitado a $\sigma \geq -3,4$.

$$\mu_2 = \left(2,48 \times 10^{-4} d_i^2 \right)^\sigma \quad (49)$$

μ_2 estará limitado a $\mu_2 \leq 1$.

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{(-0,935 + 0,0176 \zeta_r) \log \mu_1} & \text{para } \zeta_r \leq 70^\circ \end{cases} \quad (50a)$$

$$\mu_4 = \begin{cases} 10^{0,3 \log \mu_1} & \text{para } \zeta_r > 70^\circ \end{cases} \quad (50b)$$

donde ζ_r se indica en las ecuaciones (10) y (11) en el § 4.1 del Anexo 1.

Calcular la incidencia que depende del trayecto de la propagación por conductos, β , y un parámetro correspondiente, Γ_1 , utilizado para calcular la dependencia con el tiempo de la pérdida de trayecto:

$$\beta = \beta_e \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_4 \quad (51)$$

donde β_e se indica en las ecuaciones (8) y (9) en el § 4.1 del Anexo 1.

$$\Gamma_1 = \frac{1,076}{(2,0058 - \log \beta)^{1,012}} \exp \left[- \left(9,51 - 4,8 \log \beta + 0,198 (\log \beta)^2 \right) \times 10^{-6} d_i^{1,13} \right] \quad (52)$$

Se calcula el factor de corrección, C_{2i} (dB) (véase el § 4.4 del Anexo 1):

$$C_{2i} = \begin{cases} Z(f)(d_i - d_{min})\tau & \text{dB} & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ 0 & \text{dB} & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (53)$$

donde $Z(f)$ se calcula con la ecuación (22) en el § 4.4 del Anexo 1.

Para distancias superiores a 375 km, el valor del factor de corrección (C_{2i} en la ecuación (53)) que se ha de aplicar es el valor de C_{2i} a la distancia de 375 km.

Calcular la parte de atenuación que depende de la distancia (dB) para la propagación por conductos:

$$L_5(p) = (\gamma_d + \gamma_g) d_i + (1,2 + 3,7 \times 10^{-3} d_i) \log \left(\frac{p}{\beta} \right) + 12 \left(\frac{p}{\beta} \right)^{\Gamma_1} + C_{2i} \quad (54)$$

y para la dispersión troposférica:

$$L_6(p) = 20 \log (d_i) + 5,73 \times 10^{-4} (112 - 15 \cos (2\zeta)) d_i + (\gamma_o + \gamma_{wt}) d_i + C_{2i} \quad (55)$$

Para la determinación de distancias para contornos auxiliares, $C_{2i} = 0$ dB.

4 Frecuencias entre 60 GHz y 105 GHz

Este modelo de propagación es válido para un porcentaje de tiempo anual medio (p) en la gama 0,001% a 50%.

Se utiliza un proceso iterativo para determinar la distancia requerida del modo de propagación (1). En primer lugar, se evalúan las ecuaciones (56) a (60). Después, comenzando en la distancia de coordinación mínima, d_{min} , se iteran las ecuaciones (61) y (62) para las distancias d_i , donde $i = 0, 1, 2, \dots$, incrementada en pasos de s (km) como se describe en el § 1.3 del Anexo 1. Para cada iteración, d_i es la distancia considerada.

Este proceso continúa hasta que una de las siguientes expresiones es verdadera:

$$L_9(p) \geq \begin{cases} L_8(p) & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ L_{8q}(p) & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (55a)$$

o:

$$d_i \geq \begin{cases} d_{máx1} & \text{para el contorno principal o suplementario} \\ d_1 & \text{para el contorno auxiliar} \end{cases} \quad (55b)$$

La distancia requerida, d_1 , o la distancia de contorno auxiliar d_q vienen dadas por la distancia considerada para la última iteración, es decir:

$$d_1 = d_i \quad (55c)$$

o:

$$d_q = d_i \quad (55d)$$

Calcular la atenuación específica (dB/km) para aire seco en la gama de frecuencias 60 GHz a 105 GHz utilizando:

$$\gamma_{om} = \begin{cases} \left[2 \times 10^{-4} \left(1 - 1,2 \times 10^{-5} f^{1,5} \right) + \frac{4}{(f - 63)^2 + 0,936} + \frac{0,28}{(f - 118,75)^2 + 1,771} \right] f^2 6,24 \times 10^{-4} & \text{dB/km para } f > 63,26 \text{ GHz} \\ 10 & \text{dB/km para } f \leq 63,26 \text{ GHz} \end{cases} \quad (56a)$$

$$10 \quad \text{dB/km} \quad \text{para } f \leq 63,26 \text{ GHz} \quad (56b)$$

Calcular la atenuación específica (dB/km) para una densidad de vapor de agua atmosférico de 3 g/m³ utilizando:

$$\gamma_{wm} = (0,039 + 7,7 \times 10^{-4} f^{0,5}) f^2 2,369 \times 10^{-4} \quad (57)$$

Calcular una estimación conservadora de la atenuación específica (dB/km) para la absorción gaseosa utilizando:

$$\gamma_{gm} = \gamma_{om} + \gamma_{wm} \quad \text{dB/km} \quad (58)$$

Para la secuencia requerida, y el valor del apantallamiento del emplazamiento de la estación terrena, A_h (dB), calculado utilizando el método descrito en el § 1 de este Apéndice, calcular la atenuación mínima que se ha de obtener en los cálculos iterativos.

$$L_7(p) = 92,5 + 20 \log(f) + A_h \quad \text{dB} \quad (59)$$

Para el contorno principal o suplementario:

$$L_8(p) = L_b(p) - L_7 \quad \text{dB} \quad (60a)$$

Para un contorno auxiliar:

$$L_{8q}(p) = L_{bq}(p) - L_7 \quad \text{dB} \quad (60b)$$

donde:

$L_b(p)$ (dB) y $L_{bq}(p)$ (dB): atenuación mínima requerida durante el $p\%$ del tiempo respectivamente para el contorno principal o suplementario y el contorno auxiliar del valor Q (dB) (véanse los § 1.3 y 1.6 del Anexo 1).

Cálculos iterativos

Al comienzo de cada iteración, calcular la distancia actual para $i = 0, 1, 2, \dots$:

$$d_i = d_{min} + i \cdot s \quad (61)$$

Calcular la atenuación que depende de la distancia para la distancia actual:

$$L_9(p) = \gamma_{gm} d_i + 20 \log(d_i) + 2,6 \left[1 - \exp\left(\frac{-d_i}{10}\right) \right] \log\left(\frac{p}{50}\right) \quad (62)$$

Para frecuencias superiores a 60 GHz el factor de corrección (véase el § 4.4 del Anexo 1) es 0 dB. Por consiguiente, no se ha añadido ningún término de corrección a la ecuación (62).

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Determinación de la distancia requerida para el modo de propagación (2)**1 Visión general**

El siguiente algoritmo permite obtener la pérdida de trayecto del modo de propagación (2), $L_r(p)$ (dB), como una función monótona de la intensidad de lluvia, $R(p)$ (mm/h) y con la distancia de dispersión por hidrometeoros, r_i (km) como un parámetro. El modelo es válido para un porcentaje de tiempo anual medio (p) en la gama 0,001% a 10%. El procedimiento para determinar el contorno de la dispersión por hidrometeoros es el siguiente:

- Se determina el valor de $R(p)$ para las Zonas hidrometeorológicas apropiadas A a Q.
- Se calculan los valores de $L_r(p)$ para valores incrementales de r_i comenzando en la distancia de coordinación mínima, d_{\min} , en pasos de s (km), como se describe en el § 1.3 del Anexo 1. El valor correcto de r_i es aquel para el cual el valor correspondiente de $L_r(p)$ equivale o rebasa la atenuación requerida mínima, $L(p)$, del modo de propagación (2). Este valor de r_i es la distancia requerida del modo de propagación (2) y se denomina d_r .
- Si el cálculo iterativo resulta en que r_i equivale o rebasa la distancia de cálculo máxima apropiada ($d_{\max 2}$) indicada en el § 2, el cálculo termina y se supone que d_r es igual a $d_{\max 2}$. Por tanto, se detiene la iteración cuando una de las siguientes expresiones es verdadera:

$$L_r(p) \geq L(p) \quad (63a)$$

o:

$$r_i \geq d_{\max 2} \quad (63b)$$

- El contorno para el modo de propagación (2) es un círculo de radio d_r (km) centrado en un punto a lo largo del acimut del haz principal de la antena de estación terrena en una distancia horizontal de Δd (km) desde la estación terrena.

2 Distancia de cálculo máxima

Como se trata en el § 1.5.3 del Anexo 1, es necesario establecer límites superiores para la distancia máxima utilizada en el cálculo iterativo de la distancia requerida. La distancia de cálculo máxima que se ha de utilizar para el modo de propagación (2) ($d_{\max 2}$) depende de la latitud y viene dada en la siguiente ecuación:

$$d_{\max 2} = \sqrt{17\,000(h_R + 3)} \quad \text{km}$$

donde h_R se define en las ecuaciones (75) y (76).

3 Cálculo del contorno del modo de propagación (2)

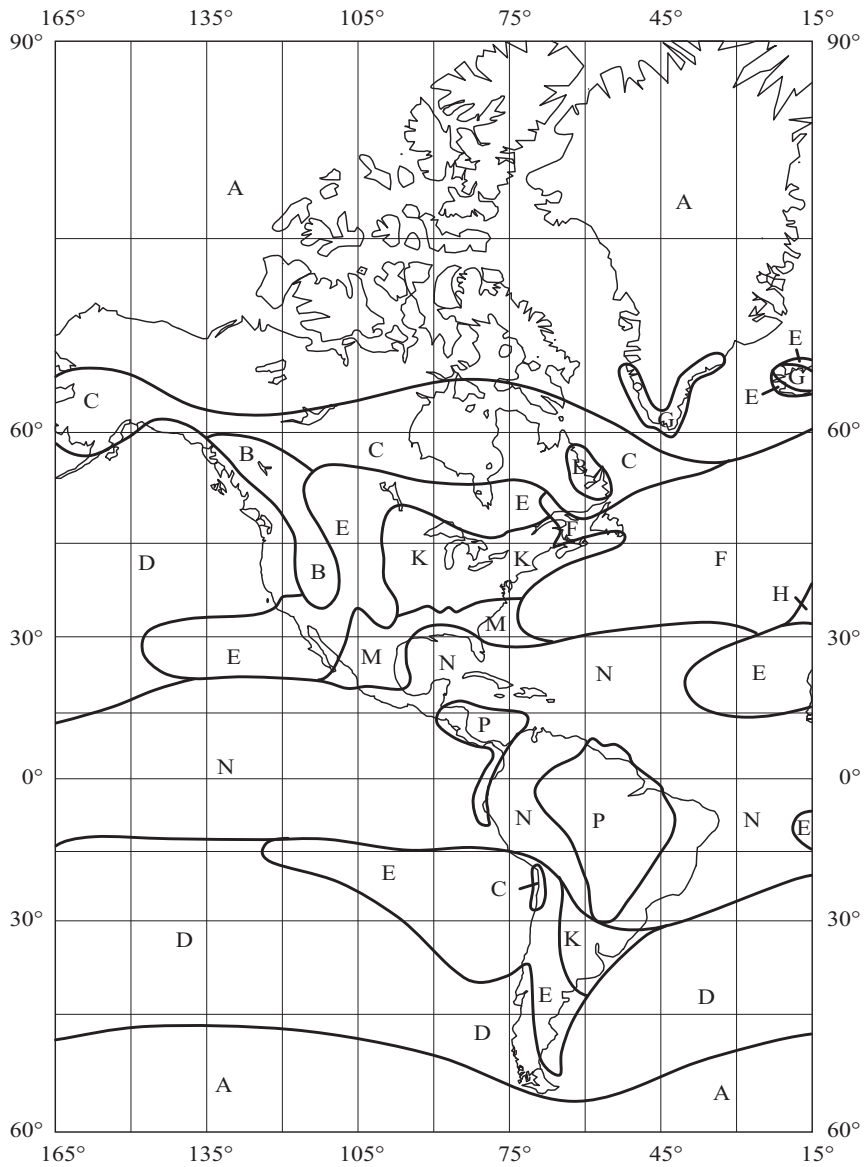
Determinar $R(p)$, la intensidad de lluvia (mm/h) rebasada por término medio durante el $p\%$ de un año. El mundo ha sido dividido en varias zonas hidrometeorológicas (véanse las Figs. 5, 6 y 7), que muestran diferentes características de las precipitaciones.

Las curvas mostradas en la Fig. 8 representan distribuciones de intensidades de lluvia consolidadas, cada una aplicable a varias de estas zonas hidrometeorológicas.

Se determina la zona hidrometeorológica aplicable a la ubicación de la estación terrena:

- Para $0,001\% < p < 0,3\%$ y para la zona hidrometeorológica aplicable:
Determinar $R(p)$ a partir de la Fig. 8 o de las ecuaciones (64) a (68).
- Para $p \geq 0,3\%$:
Utilizar la ecuación (69) con los valores de $R(0,3\%)$ y p_c obtenidos del Cuadro 4.

FIGURA 5



1448-05

FIGURA 6

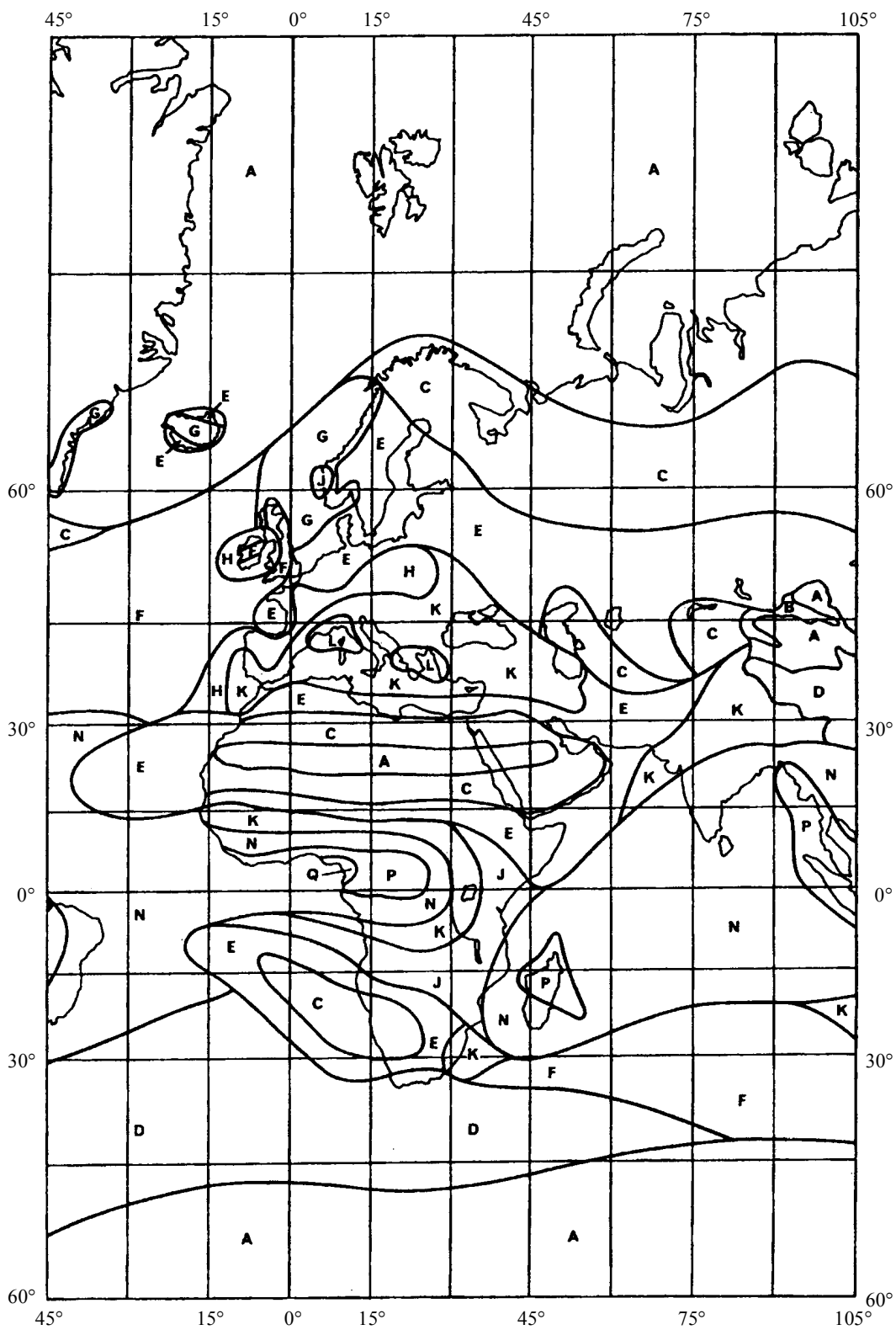
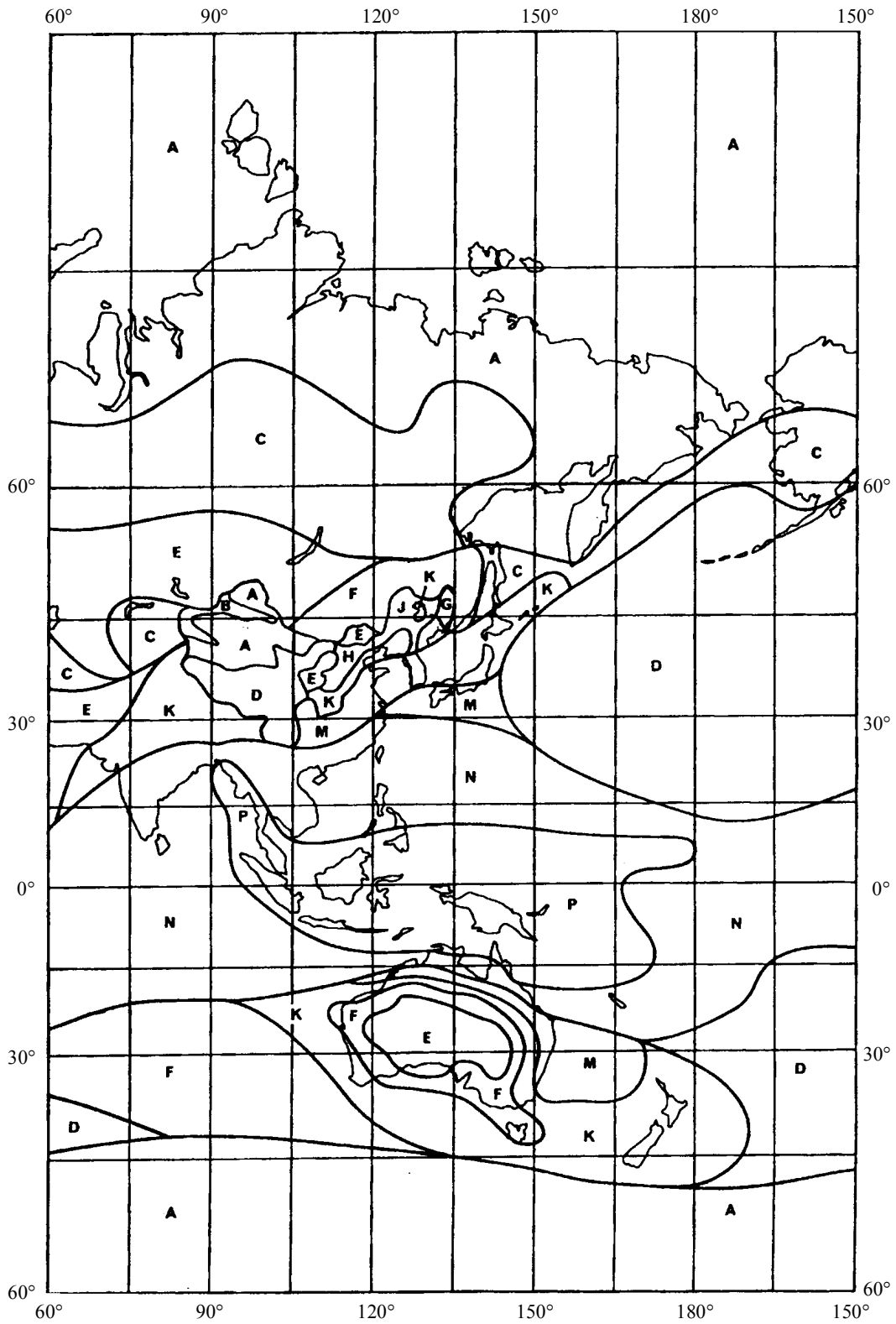


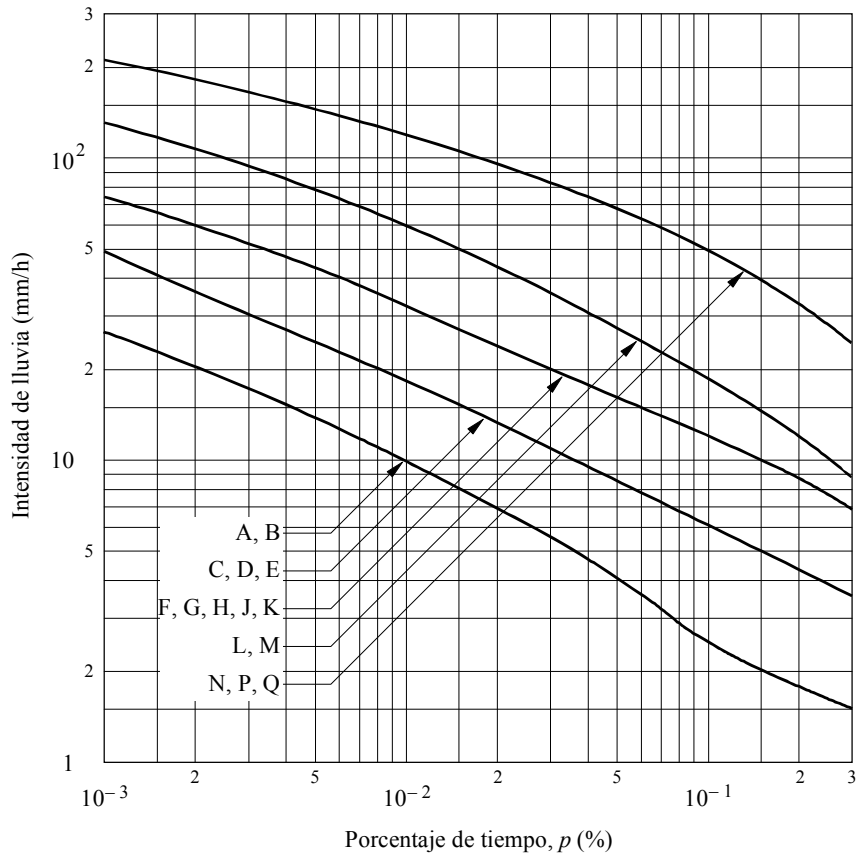
FIGURA 7



1448-07

FIGURA 8

Distribuciones acumuladas consolidadas de la intensidad de lluvia para las zonas hidrometeorológicas mostradas en las Figs. 5, 6 y 7



1448-08

Zonas hidrometeorológicas A, B

$$R(p) = 1,1 p^{-0,465} + 0,25 \left[\log(p/0,001) \log^3(0,3/p) \right] - \left[\left| \log(p/0,1) \right| + 1,1 \right]^{-2} \quad \text{mm/h} \quad (64)$$

Zonas hidrometeorológicas C, D, E

$$R(p) = 2 p^{-0,466} + 0,5 \left[\log(p/0,001) \log^3(0,3/p) \right] \quad \text{mm/h} \quad (65)$$

Zonas hidrometeorológicas F, G, H, J, K

$$R(p) = 4,17 p^{-0,418} + 1,6 \left[\log(p/0,001) \log^3(0,3/p) \right] \quad \text{mm/h} \quad (66)$$

Zonas hidrometeorológicas L, M

$$R(p) = 4,9 p^{-0,48} + 6,5 \left[\log(p/0,001) \log^2(0,3/p) \right] \quad \text{mm/h} \quad (67)$$

Zonas hidrometeorológicas N, P, Q

$$R(p) = 15,6 \left(p^{-0,383} + \left[\log(p/0,001) \log^{1,5}(0,3/p) \right] \right) \quad \text{mm/h} \quad (68)$$

CUADRO 4

Valores de R y p_c para las diferentes zonas hidrometeorológicas

Zona hidrometeorológica	R (0,3%) (mm/h)	p_c (%)
A, B	1,5	2
C, D, E	3,5	3
F, G, H, J, K	7,0	5
L, M	9,0	7,5
N, P, Q	25,0	10

donde:

p_c (%): porcentaje de tiempo de referencia por encima del cual puede suponerse que la intensidad de lluvia $R(p)$ es cero.

$$R(p) = R(0,3\%) \left[\frac{\log(p_c / p)}{\log(p_c / 0,3)} \right]^2 \quad (69)$$

Se determina la atenuación específica (dB/km) debida a la lluvia utilizando los valores de k y α del Cuadro 5 en la ecuación (71). Los valores de k y α a frecuencias distintas de las que figuran en el Cuadro 5 pueden obtenerse por interpolación utilizando una escala logarítmica para frecuencia, una escala logarítmica para k y una escala lineal para α .

CUADRO 5

Valores de k y α para polarización vertical en función de la frecuencia

Frecuencia (GHz)	k	α
1	0,0000352	0,880
4	0,000591	1,075
6	0,00155	1,265
8	0,00395	1,31
10	0,00887	1,264
12	0,0168	1,20
14	0,029	1,15
18	0,055	1,09
20	0,0691	1,065
22,4	0,090	1,05
25	0,113	1,03
28	0,150	1,01
30	0,167	1,00
35	0,233	0,963
40	0,310	0,929
40,5	0,318	0,926

Sea:

$$R = R(p) \quad (70)$$

Entonces la atenuación específica (dB/km) debida a la lluvia viene dada por:

$$\gamma_R = k R^\alpha \quad (71)$$

Calcular el diámetro efectivo de la célula de lluvia:

$$d_s = 3,5 R^{-0,08} \quad (72)$$

Calcular después la función de transferencia de dispersión efectiva:

$$R_{cv} = \frac{2,17}{\gamma_R d_s} \left(1 - 10^{-\frac{-\gamma_R d_s}{5}} \right) \quad (73)$$

Calcular la atenuación adicional fuera del volumen común:

$$\Gamma_2 = 631 k R^{(\alpha - 0,5)} \times 10^{-(R+1)^{0,19}} \quad (74)$$

Determinar la altura de la lluvia sobre tierra, h_R (km):

Para América del Norte y Europa al oeste de la longitud 60° E:

$$h_R = 3,2 - 0,075 (\zeta - 35) \quad \text{para } 35 \leq \zeta \leq 70 \quad (75)$$

donde:

ζ : latitud de la estación terrena coordinadora.

Para todas las demás zonas del mundo:

$$h_R = \begin{cases} 5 - 0,075 (\zeta - 23) & \text{para } \zeta > 23 & \text{Hemisferio Norte} & (76a) \\ 5 & \text{para } 0 \leq \zeta \leq 23 & \text{Hemisferio Norte} & (76b) \\ 5 & \text{para } 0 \geq \zeta \geq -21 & \text{Hemisferio Sur} & (76c) \\ 5 + 0,1 (\zeta + 21) & \text{para } -71 \leq \zeta < -21 & \text{Hemisferio Sur} & (76d) \\ 0 & \text{para } \zeta < -71 & \text{Hemisferio Sur} & (76e) \end{cases}$$

Determinar la atenuación específica debida a la absorción por vapor de agua (se usa una densidad de vapor de agua de 7,5 g/m³):

$$\gamma_{wr} = \left[0,06575 + \frac{3,6}{(f - 22,2)^2 + 8,5} \right] f^2 7,5 \times 10^{-4} \quad (77)$$

3.1 Cálculos iterativos

Evaluar las ecuaciones (78) a (83) inclusive para valores crecientes de r_i , donde r_i es la distancia considerada (km) entre la región de dispersión máxima y la posible ubicación de una estación terrena e $i = 0, 1, 2, \dots$. Este proceso continúa hasta que una de las condiciones indicadas en las ecuaciones (63a) y (63b) es verdadera. Entonces la distancia requerida para la dispersión debida a la lluvia, d_r , es el valor considerado de r_i .

$$r_i = d_{min} + i \cdot s \quad (78)$$

Determinar la pérdida por encima de la altura de la lluvia, L_{ar} (dB), aplicable al acoplamiento por dispersión:

$$L_{ar} = \begin{cases} 6,5 \left[6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} - h_R \right] & \text{para } 6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} > h_R & (79a) \\ 0 & \text{para } 6 (r_i - 50)^2 \times 10^{-5} \leq h_R & (79b) \end{cases}$$

Calcular la atenuación adicional para la desviación con respecto a la dispersión de Rayleigh:

$$A_b = \begin{cases} 0,005 (f - 10)^{1,7} R^{0,4} & \text{para } 10 \text{ GHz} < f < 40,5 \text{ GHz} \\ 0 & \text{para } f < 10 \text{ GHz o cuando } L_{ar} \neq 0 \end{cases} \quad (80a)$$

$$(80b)$$

Calcular la longitud de trayecto efectiva para la absorción de oxígeno:

$$d_o = \begin{cases} 0,7 r_i + 32 & \text{para } r_i < 340 \text{ km} \\ 270 & \text{para } r_i \geq 340 \text{ km} \end{cases} \quad (81a)$$

$$(81b)$$

Calcular la longitud de trayecto efectiva para la absorción de vapor de agua:

$$d_v = \begin{cases} 0,7 r_i + 32 & \text{para } r_i < 240 \text{ km} \\ 200 & \text{para } r_i \geq 240 \text{ km} \end{cases} \quad (82a)$$

$$(82b)$$

Determinar la pérdida de trayecto del modo de propagación (2), L_r (dB):

$$L_r = 168 + 20 \log r_i - 20 \log f - 13,2 \log R - G_x + A_b - 10 \log R_{cv} + \Gamma_2 + L_{ar} + \gamma_o d_o + \gamma_{wr} d_v \quad (83)$$

donde:

γ_o : indicada en la ecuación (34)

G_x : ganancia de antena de la red terrenal en los Cuadros 14 ó 15.

4 Trazado del contorno del modo de propagación (2)

Para determinar el centro del contorno circular del modo de propagación (2), es necesario calcular la distancia horizontal hasta este punto desde la estación terrenal, a lo largo del acimut del eje del haz principal de la antena de estación terrenal. La distancia, Δd (km), al centro del contorno en el modo de propagación (2) viene dada por:

$$\Delta d = \frac{h_R}{2 \operatorname{tg} \varepsilon_s} \quad (84)$$

donde:

ε_s : ángulo de elevación del eje del haz principal de la antena de la estación terrenal

y

Δd : estará limitada a la distancia ($d_r - 50$) km.

La distancia requerida del modo de propagación (2) d_r , debe estar dentro de la gama comprendida entre la distancia de coordinación mínima, d_{min} , y la distancia de cálculo máxima, $d_{máx2}$, del modo de propagación (2).

Dibujar el contorno del modo de propagación (2) como un círculo de radio d_r (km) alrededor del centro determinado anteriormente. El contorno del modo de propagación (2) es el lugar geométrico de los puntos en ese círculo. Sin embargo, si cualquier parte del contorno del modo de propagación (2) cae dentro del contorno definido por la distancia de coordinación mínima, este arco del contorno del modo de propagación se considera idéntico al contorno basado en la distancia de coordinación mínima y el contorno del modo de propagación (2) ya no es circular.

APÉNDICE 3

AL ANEXO 1

Ganancia de antena hacia el horizonte para una estación terrena que funciona con estaciones espaciales geostacionarias

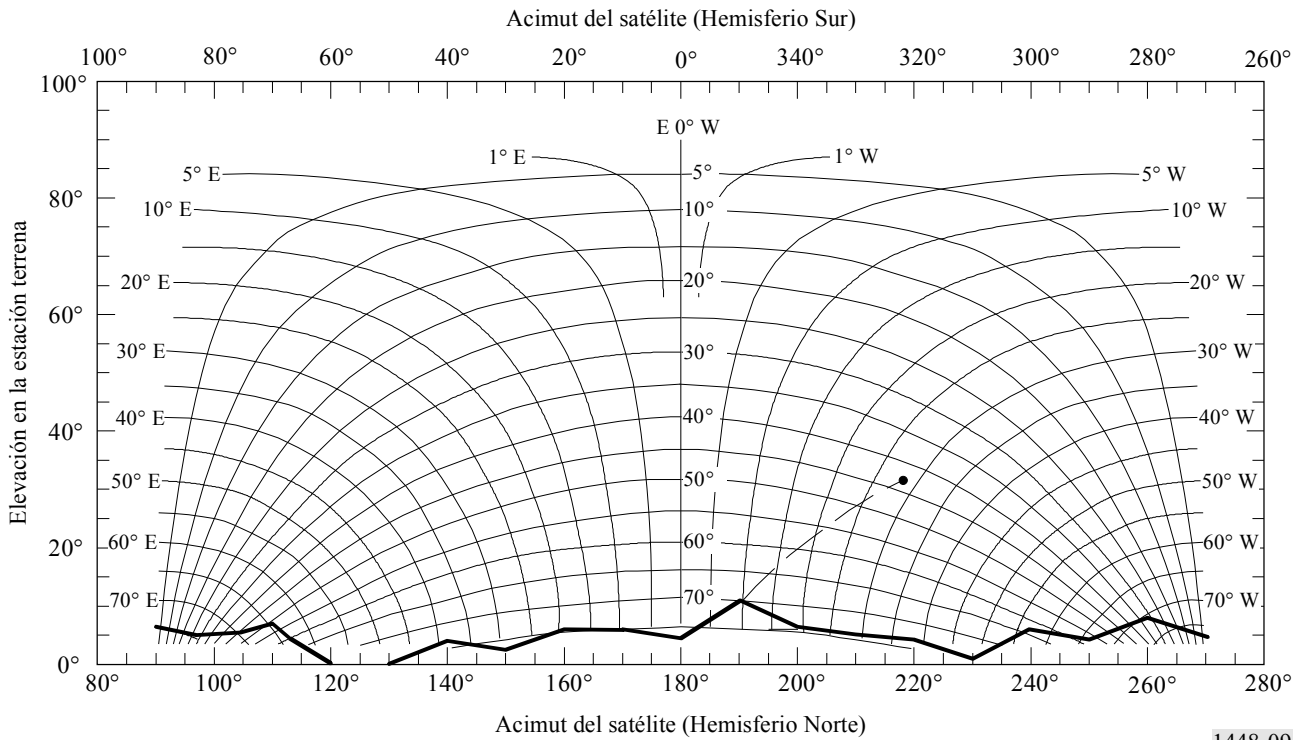
1 Generalidades

El componente de ganancia de antena de la estación terrena en la dirección del horizonte físico alrededor de una estación terrena es una función de la separación angular entre el eje del haz principal de la antena y el horizonte en la dirección considerada. Cuando la estación terrena se utiliza para transmitir a más de una estación espacial en la órbita geostacionaria o a una o más estaciones espaciales en órbitas ligeramente inclinadas, hay que considerar todas las posibles direcciones de puntería del eje del haz principal de la antena. Para la coordinación de estaciones terrenas, se requiere para cada acimut conocer $\varphi(\alpha)$, el valor posible mínimo de la separación angular que se producirá durante el funcionamiento de la estación espacial.

Cuando una estación espacial geostacionaria mantiene su ubicación próxima a su posición orbital nominal, el ángulo de elevación del eje del haz principal de la estación terrena, ϵ_s , y el ángulo acimutal, α_s , hasta la estación espacial desde la latitud de la estación terrena, ζ , están relacionados de manera unívoca. La Fig. 9 muestra las posibles ubicaciones de los arcos de posición de una estación espacial en la órbita geostacionaria en un trazo de acimut/elevación rectangular. Muestra arcos que corresponden a un conjunto de latitudes de estaciones terrenas y la intersección de los arcos corresponden a puntos en la órbita con una diferencia fija en longitud este u oeste de la estación terrena. La Fig. 9 muestra también una parte del perfil del horizonte $\epsilon_h(\alpha)$. El ángulo fuera del haz $\varphi(\alpha)$ entre el perfil del horizonte a un acimut de 190° y una estación espacial situada a 28° W de una estación terrena a 43° N de latitud aparece indicado por el círculo máximo trazado con línea discontinua en la Fig. 9.

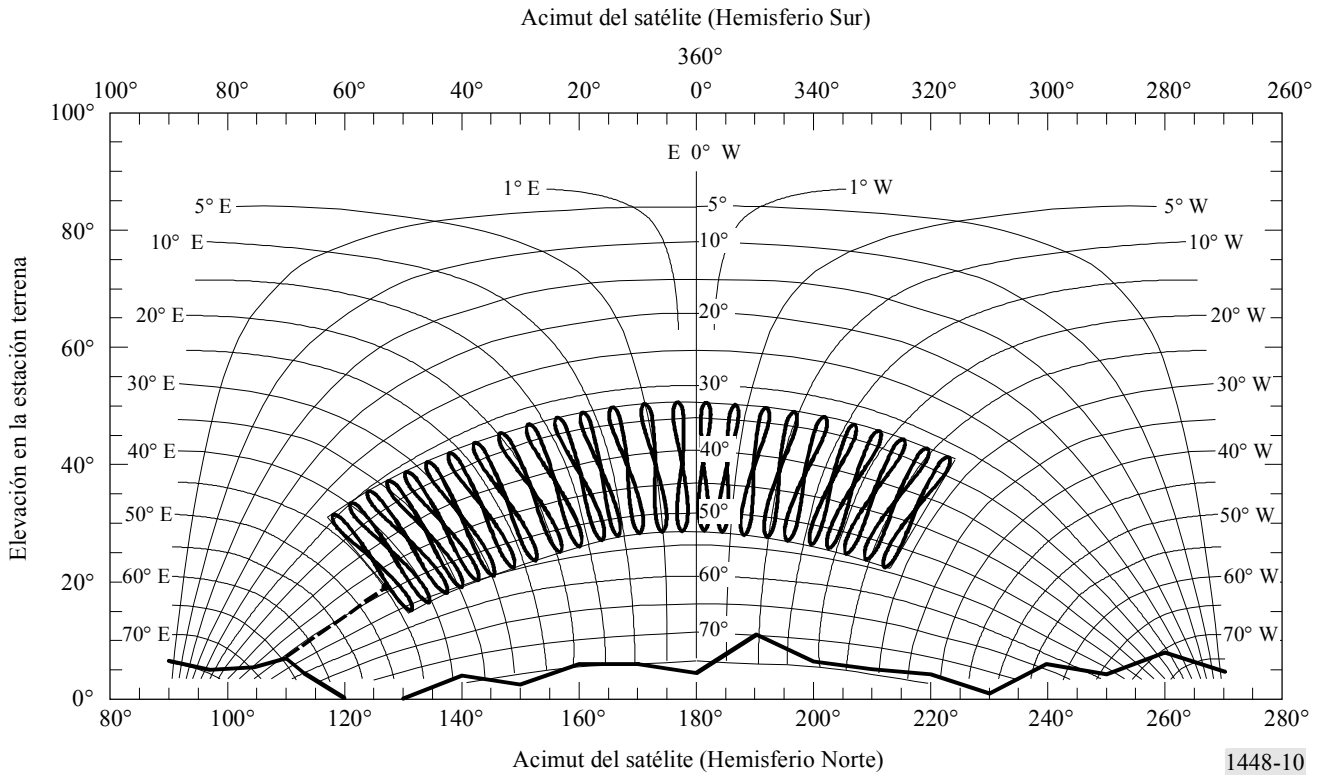
FIGURA 9

Arcos de posición de satélites geostacionarios con el horizonte y el arco desde el horizonte en el acimut de 190° hacia un satélite situado a 28° W de una estación terrena en la latitud 43° N



Cuando se relaja el mantenimiento en posición Norte/Sur de un satélite geoestacionario, la órbita del satélite se inclina, con una inclinación que aumenta gradualmente en función del tiempo. Vista desde la Tierra, la posición del satélite traza una figura de ocho durante cada periodo de 24 h. La Fig. 10 muestra las variaciones de las trayectorias de un conjunto de satélites, cada uno con inclinación de 10°, separados por 3° en la órbita geoestacionaria desde 28° W a 44° E con respecto a una estación terrena en la latitud 43° N. Para determinar la zona de coordinación, sólo hay que considerar una envolvente limitadora de estas trayectorias. Se puede utilizar una envolvente simple basada en las desviaciones máximas en latitud y longitud de los puntos subsatelitales de satélites en todos las posibles posiciones a lo largo del arco, como se muestra en la Fig. 10. Esta Figura muestra también, con una curva de trazo interrumpido, el arco de círculo máximo correspondiente al ángulo fuera del eje mínimo, $\varphi(\alpha)$, entre esta envolvente y el perfil del horizonte en un acimut de 110°.

FIGURA 10
Arcos de posición de satélites geoestacionarios con el horizonte y el arco desde el horizonte en el acimut de 110° hasta la envolvente de satélites con inclinación de 10° en el arco orbital geoestacionario desde 28° W hasta 44° E de una estación terrena en la latitud 43° N



Para una estación transmisora que funciona en una banda de frecuencias que está atribuida también para uso bidireccional por estaciones terrenas receptoras que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias, véase el § 2.1 del Apéndice 6.

2 Determinación de la separación angular $\varphi(\alpha)$

Para determinar el ángulo fuera del eje $\varphi(\alpha)$, pueden distinguirse cuatro casos, que dependen de si se ha de considerar una sola estación espacial o una porción de la órbita geoestacionaria y de si la estación terrena funcionará o no con estaciones espaciales en órbitas ligeramente inclinadas. En todos estos casos se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

$$\psi_s(i, \delta) = \arccos(\sin \zeta \sin i + \cos \zeta \cos i \cos \delta) \quad (85)$$

$$\varepsilon_s(i, \delta) = \arcsen \left(\frac{K \cos \psi_s(i, \delta) - 1}{(1 + K^2 - 2K \cos \psi_s(i, \delta))^{1/2}} \right) \quad (86)$$

$$\alpha_{0_s}(i, \delta) = \arccos \left[\frac{\sin i - \cos \psi_s \sin \zeta}{\sin \psi_s \cos \zeta} \right] \quad (87)$$

$$\alpha_s(i, \delta) = \alpha_{0_s}(i, \delta) \quad \text{para una estación espacial situada al este de la estación terrena } (\delta \geq 0) \quad (88)$$

$$\alpha_s(i, \delta) = 360^\circ - \alpha_{0_s}(i, \delta) \quad \text{para una estación espacial situada al oeste de la estación terrena } (\delta \leq 0) \quad (89)$$

$$\varphi(\alpha, i, \delta) = \arccos [\cos \varepsilon_h(\alpha) \cos \varepsilon_s(i, \delta) \cos (\alpha - \alpha_s(i, \delta)) + \sin \varepsilon_h(\alpha) \sin \varepsilon_s(i, \delta)] \quad (90)$$

donde:

- ζ : latitud de la estación terrena (positivo para el norte, negativo para el sur)
- δ : diferencia en longitud desde la estación terrena a la estación espacial
- i : latitud de un punto subsatelital (positivo para el norte, negativo para el sur)
- $\psi_s(i, \delta)$: arco de círculo máximo entre la estación terrena y un punto subsatelital
- $\alpha_s(i, \delta)$: acimut de estación espacial visto desde la estación terrena
- $\varepsilon_s(i, \delta)$: ángulo de elevación de la estación espacial visto desde la estación terrena
- $\varphi(\alpha, i, \delta)$: ángulo entre el haz principal y la dirección del horizonte correspondiente al acimut, α , considerado cuando el haz principal está orientado hacia una estación espacial con un punto subsatelital en la latitud, i y diferencia de longitud, δ
- α : acimut de la dirección considerada
- ε_h : ángulo de elevación del horizonte en el acimut considerado, α
- $\varphi(\alpha)$: ángulo que se ha de utilizar para el cálculo de la ganancia hacia el horizonte en el acimut considerado, α
- K : radio de la órbita/radio de la Tierra, que se supone que es 6,62 para la órbita geoestacionaria.

Todos los arcos mencionados anteriormente se indican en grados.

Caso 1: Una sola estación espacial, sin inclinación orbital

Para una estación espacial que funciona sin inclinación orbital en una posición orbital con diferencia en longitud δ_0 , se pueden aplicar las ecuaciones (85) a (90) directamente utilizando $i = 0$ para determinar $\varphi(\alpha)$ para cada acimut α . De este modo:

$$\varphi(\alpha) = \varphi(\alpha, 0, \delta_0) \quad (91)$$

donde:

- δ_0 : diferencia de longitud entre la estación terrena y la estación espacial.

Caso 2: Estaciones espaciales en una porción del arco orbital geoestacionario sin inclinación orbital

Para estaciones espaciales que funcionan sin inclinación orbital en una porción del arco orbital geoestacionario, se pueden aplicar directamente las ecuaciones (85) a (90), utilizando $i = 0$ para obtener el valor mínimo del ángulo fuera del eje. Para cada acimut α , el ángulo $\varphi(\alpha)$ es el valor mínimo de $\varphi(\alpha, 0, \delta)$ para cualquier posición a lo largo del arco. De este modo:

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha) &= \text{mín } \varphi(\alpha, 0, \delta) \\ \delta_w &\leq \delta \leq \delta_e \end{aligned} \quad (92)$$

donde:

δ_e : diferencia en longitud en el extremo oriental de la porción operacional del arco orbital

δ_w : diferencia en longitud en el extremo occidental de la porción operacional del arco orbital.

Caso 3: Estaciones espaciales en una porción del arco orbital geoestacionario con inclinación orbital

Para estaciones espaciales que funcionan en órbitas ligeramente inclinadas en una porción del arco geoestacionario con diferencia de longitud nominal entre δ_e , y δ_w , se ha de considerar la inclinación orbital máxima durante sus vidas útiles, i_s . Se pueden aplicar las ecuaciones (85) a (90) para obtener el ángulo fuera del eje mínimo a cada uno de los cuatro arcos en acimut/elevación que limitan la trayectoria de la estación espacial en ángulo y elevación. Los arcos limitadores corresponden a las latitudes máxima y mínima de los puntos subsatelitales y los extremos de la diferencia en longitud entre las estaciones terrena y espacial cuando la estación espacial está funcionando en su inclinación máxima. De este modo:

$$\begin{aligned} \varphi(\alpha) &= \text{mín } \varphi_n(\alpha) \\ n &= 1 \text{ a } 4 \end{aligned} \quad (93)$$

con:

$$\begin{aligned} \varphi_1(\alpha) &= \text{mín } \varphi(\alpha, -i_s, \delta) \\ \delta_w - \delta_s &\leq \delta \leq \delta_e + \delta_s \end{aligned} \quad (94)$$

$$\begin{aligned} \varphi_2(\alpha) &= \text{mín } \varphi(\alpha, -i_s, \delta) \\ \delta_w - \delta_s &\leq \delta \leq \delta_e + \delta_s \end{aligned} \quad (95)$$

$$\begin{aligned} \varphi_3(\alpha) &= \text{mín } \varphi(\alpha, i, \delta_w - \delta_s) \\ -i_s &\leq i \leq i_s \end{aligned} \quad (96)$$

$$\begin{aligned} \varphi_4(\alpha) &= \text{mín } \varphi(\alpha, i, \delta_e + \delta_s) \\ -i_s &\leq i \leq i_s \end{aligned} \quad (97)$$

$$\delta_s = (i_s / 15)^2 \quad (98)$$

donde:

i_s : ángulo de inclinación operacional máximo de la órbita del satélite;

δ_s : cambio de longitud máximo con respecto al valor nominal del punto subsatelital de un satélite con inclinación orbital i_s .

Caso 4: Una sola estación espacial con órbitas inclinadas

Para una sola estación espacial que funciona en una diferencia de longitud nominal de δ_0 , con una inclinación orbital máxima de i_s durante su vida útil, la determinación de $\varphi(\alpha)$ es igual que en el Caso 3, salvo que $\delta_e = \delta_w = \delta_0$.

Es posible determinar los ángulos fuera del eje mínimos en las ecuaciones (93), (94), (95), (96) y (97) tomando incrementos a lo largo de un contorno limitador. El tamaño de paso en la inclinación i o la longitud δ debe estar entre $0,5^\circ$ y $1,0^\circ$ y se debe incluir en el cálculo los puntos extremos de las gamas respectivas.

El perfil de horizonte $\varepsilon_h(\alpha)$ utilizado en la determinación de $\varphi(\alpha)$ se especifica en incrementos en acimut α que no exceden de 5° .

3 Determinación de la ganancia de antena

La relación $\varphi(\alpha)$ se utiliza para derivar una función para la ganancia de la antena (dBi), $G(\varphi)$, hacia el horizonte, en función del acimut α , utilizando el diagrama de radiación de antena real de la estación terrena, o una fórmula que dé una buena aproximación. Por ejemplo, cuando la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda es igual o mayor que 35, se utiliza la siguiente ecuación:

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{am\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{para } 0 < \varphi < \varphi_m \\ G_1 & \text{para } \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r \\ 29 - 25 \log \varphi & \text{para } \varphi_r \leq \varphi < 36^\circ \\ -10 & \text{para } 36^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (99)$$

$$G_1 = \begin{cases} -1 + 15 \log (D/\lambda) & \text{dBi} & \text{para } D/\lambda \geq 100 \\ -21 + 25 \log (D/\lambda) & \text{dBi} & \text{para } 35 \leq D/\lambda < 100 \end{cases}$$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{am\acute{a}x} - G_1} \quad \text{grados}$$

$$\varphi_r = \begin{cases} 15,85 (D/\lambda)^{-0,6} & \text{grados} & \text{para } D/\lambda \geq 100 \\ 100 (\lambda/D) & \text{grados} & \text{para } 35 \leq D/\lambda < 100 \end{cases}$$

Cuando se dispone de una representación mejor del diagrama real de la antena, éste puede ser utilizado.

Cuando D/λ no se indica, se puede estimar a partir de la expresión:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{am\acute{a}x} - 7,7$$

donde:

- $G_{am\acute{a}x}$: ganancia de antena del eje del haz principal (dBi)
- D : diámetro de antena (m)
- λ : longitud de onda (m)
- G_1 : ganancia del primer lóbulo lateral.

APÉNDICE 4

AL ANEXO 1

Ganancia de antena hacia el horizonte para estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias

Este Apéndice presenta los métodos que pueden utilizarse para determinar la ganancia de antena hacia el horizonte para estaciones terrenas que funcionan con satélites no geoestacionarios utilizando el método TIG descrito en el § 2.2.1 del Anexo 1 y el método estadístico descrito en el § 2.2.2 del Anexo 1, y proporciona un ejemplo de aplicación del método TIG.

1 Determinación de la ganancia de antena hacia el horizonte con el método TIG

En su realización más simple, el método TIG depende del ángulo de elevación mínimo del eje del haz de la antena de la estación terrena (ϵ_{sys}), que es un parámetro de sistema que tiene el mismo valor en todos los acimutes desde la estación terrena. Si el ángulo de elevación del horizonte para un acimut considerado es ϵ_h (grados), el ángulo de separación mínimo desde el horizonte para este acimut a cualquier posible ángulo de puntería para el eje del haz principal de la antena (ϕ_{min}) es igual a la diferencia entre estos dos ángulos ($\epsilon_{sys} - \epsilon_h$), pero no es menor que 0° . El ángulo de separación máximo desde el horizonte en este acimut a cualquier posible ángulo de puntería para el eje del haz principal de la antena (ϕ_{max}) es igual a la diferencia entre la suma de estos dos ángulos y 180° ($180 - \epsilon_{sys} - \epsilon_h$). Los valores máximo y mínimo de ganancia hacia el horizonte para el acimut considerado se obtienen del diagrama de ganancia de la antena de estación terrena en estos ángulos fuera del eje. Cuando no se dispone de diagrama, se puede utilizar el diagrama que figura en el § 3 del Apéndice 3 al Anexo 1.

Es posible incluir otras limitaciones en la determinación de los valores máximo y mínimo de la ganancia de antena hacia el horizonte cuando una estación terrena funciona con una constelación de satélites no geoestacionarios que no están en órbita casi polar. En este caso, dependiendo de la latitud de la estación terrena, puede haber porciones del hemisferio por encima de las cuales el plano horizontal en la estación terrena, donde no aparecerá ningún satélite. Para incluir estas limitaciones de visibilidad en este método, primero es necesario determinar, para un conjunto poco separado de ángulos de acimut alrededor de la estación terrena, el ángulo de elevación mínimo en el cual un satélite puede estar visible. Este ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite (ϵ_v) se puede determinar considerando la visibilidad del borde de la envolvente formada por todas las órbitas posibles que tienen la inclinación orbital y la altitud de los satélites de la constelación.

El ángulo de elevación más bajo hacia el cual apuntará el eje del haz principal de la antena de la estación terrena en cualquier acimut es el ángulo de elevación compuesto mínimo (ϵ_c), que es igual al mayor entre el ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite (ϵ_v) y el ángulo de elevación mínimo de la estación terrena (ϵ_{sys}). Una vez determinado el ángulo de elevación compuesto mínimo para todos los acimutes con el procedimiento indicado en el § 1.1 de este Apéndice, se puede utilizar el perfil resultante del ángulo de elevación compuesto mínimo, en el procedimiento descrito en el § 1.2 de este Apéndice para determinar los valores máximo y mínimo de la ganancia hacia el horizonte en cualquier acimut.

1.1 Determinación de los límites de visibilidad de los satélites

Los límites de visibilidad de una constelación de satélites pueden ser determinados a partir del ángulo de inclinación del satélite más inclinado y la altitud del satélite más bajo de la constelación. Para ello, es posible distinguir seis casos, pero no todos pueden ser aplicables para una constelación dada y una latitud de estación terrena dada. El acimut y el límite inferior correspondiente en el ángulo de elevación se obtienen con un método paramétrico utilizando un conjunto de puntos en el borde de la envolvente orbital de la constelación. El método consiste en desarrollar la relación para acimutes al este de una estación en el Hemisferio Norte. Los ángulos de elevación para acimutes al oeste de la estación y para todos los acimutes para estaciones en el Hemisferio Sur se obtienen por simetría. Se pueden utilizar las siguientes ecuaciones, que son aplicables a órbitas circulares solamente, para la determinación completa de la ganancia de antena hacia el horizonte en todos los casos prácticos:

$$\psi(\delta) = \arccos(\sin \zeta_e \sin i_s + \cos \zeta_e \cos i_s \cos \delta) \quad (100)$$

$$\epsilon_v(\delta) = \arcsen \left[\frac{K_1 \cos[\psi(\delta)] - 1}{(1 + K_1^2 - 2K_1 \cos[\psi(\delta)])^{1/2}} \right] \quad (101)$$

$$\alpha_0(\delta) = \arccos \left[\frac{\sin i_s - \cos[\psi(\delta)] \sin \zeta_e}{\sin[\psi(\delta)] \cos \zeta_e} \right] \quad (102)$$

con:

$$\alpha(\delta) = \begin{cases} \alpha_0(\delta) \text{ y} \\ 360^\circ - \alpha_0(\delta) & \text{para estaciones terrenas al norte del Ecuador} \\ 180^\circ - \alpha_0(\delta) \text{ y} \\ 180^\circ + \alpha_0(\delta) & \text{para estaciones terrenas al sur del Ecuador} \end{cases} \quad (103)$$

donde:

- i_s : inclinación orbital de los satélites en la constelación que se supone es positiva y entre 0° y 90°
- ζ_e : módulo de la latitud de la estación terrena
- δ : diferencia en longitud desde la estación terrena hasta un punto en el borde de la envolvente orbital de la constelación
- $\psi(\delta)$: arco de círculo máximo entre la estación terrena y un punto en la superficie de la Tierra directamente por debajo del punto en el borde de la envolvente orbital de la constelación
- $\alpha(\delta)$: acimut desde la estación terrena hasta un punto en el borde de la envolvente orbital
- $\alpha_0(\delta)$: acimut principal, un acimut entre 0° y 180° , desde una estación terrena hasta un punto en el borde de la envolvente orbital
- $\epsilon_v(\delta)$: ángulo de elevación desde la estación terrena hasta un punto en el borde de la envolvente orbital
- K_1 : radio de la órbita/radio de la Tierra para el satélite a altitud más baja de la constelación (radio de la Tierra = 6 378,14 km)
- $\psi_m = \arccos(1/K_1)$.

Todos los arcos mencionados anteriormente están en grados.

Para cualquier latitud en la superficie de la Tierra, el acimut para el cual el ángulo de elevación mínimo a un satélite puede ser mayor que cero, y los correspondientes ángulos de elevación, pueden ser determinados aplicando los cálculos indicados en los siguientes casos. No más de dos de estos casos serán aplicables para cualquier latitud. Para las situaciones no tratadas específicamente en los siguientes casos, ningún satélite está visible en ángulos de elevación de 90° , o inferiores, para cualquier acimut.

Caso 1: Para: $\zeta_e \leq i_s - \psi_m$

En este caso, un satélite puede estar visible en el horizonte para todos los acimutes alrededor de la estación terrena ($\epsilon_v = 0$).

Caso 2: Para: $i_s - \psi_m < \zeta_e \leq \arcsen(\sin i_s \cos \psi_m)$

En este caso, los ángulos de acimut y de elevación se elaboran paramétricamente eligiendo un conjunto de valores de δ , uniformemente espaciados en el intervalo 0 a δ_1 , y aplicando las ecuaciones (100) a (103). Para este fin, la separación entre valores no debe exceder de $1,0^\circ$, y hay que incluir los puntos extremos.

$$\delta_1 = \arccos \left[\frac{\cos \psi_m - \sin \zeta_e \sin i_s}{\cos \zeta_e \cos i_s} \right]$$

Para cualquier acimut principal ($\alpha_0(\delta)$) que no esté incluido en el conjunto, el ángulo de elevación mínimo es cero ($\epsilon_v = 0$), excepto para los acimutes en que se aplica además el Caso 6.

Caso 3: Para: $\arcsen(\sen i_s \cos \psi_m) < \zeta_e < i_s$ y $\zeta_e < 180^\circ - \psi_m - i_s$

En este caso, los ángulos de acimut y de elevación se elaboran paramétricamente eligiendo un conjunto de valores de δ , espaciados uniformemente en el intervalo 0 a δ_2 , y aplicando las ecuaciones (100) a (103). Para este fin, la separación entre valores no debe exceder de $1,0^\circ$, y hay que incluir los puntos extremos.

$$\delta_2 = 2 \operatorname{arctg} \left[\frac{\sqrt{\sen^2 \psi_m - \cos^2 i_s \sen^2 \delta_1}}{\sen \zeta_e \cos i_s \sen \delta_1} \right] - \delta_1$$

Para cualquier acimut principal ($\alpha_0(\delta)$) que no está incluido en el conjunto, el ángulo de elevación mínimo es cero ($\epsilon_v = 0$), excepto para los acimutes en que se aplica además el Caso 6.

Caso 4: Para: $i_s \leq \zeta_e < i_s + \psi_m$ y $\zeta_e < 180^\circ - i_s - \psi_m$

En este caso, el ángulo de elevación mínimo viene dado explícitamente por el ángulo de acimut principal, α_0 , como sigue:

$$\epsilon_v = \begin{cases} 90^\circ & \text{para } 0 \leq \alpha_0 < \alpha_2 \\ 0 & \text{para } \alpha_2 \leq \alpha_0 \leq 180^\circ \end{cases}$$

donde:

$$\alpha_2 = \arccos \left[\frac{\sen i_s - \cos \psi_m \sen \zeta_e}{\sen \psi_m \cos \zeta_e} \right]$$

Obsérvese que el ángulo de elevación mínimo de 90° en esta formulación indica que ningún satélite está visible en ángulos de elevación en 90° o inferiores para estos acimutes; además, dentro de la gama de acimutes principales donde el ángulo de elevación mínimo es cero, se puede aplicar adicionalmente el Caso 6.

Caso 5: Para: $180^\circ - i_s - \psi_m \leq \zeta_e \leq 90^\circ$

En este caso, un satélite puede estar visible en el horizonte para todos los acimutes alrededor de la estación terrena ($\epsilon_v = 0$).

Caso 6: Para: $\zeta_e < \psi_m - i_s$

Este caso puede presentarse además con el Caso 2, el Caso 3 o el Caso 4 y el satélite puede estar visible solamente por encima de un ángulo de elevación mínimo para otros acimutes principales.

En este caso, los otros acimutes principales y los correspondientes ángulos de elevación se elaboran paramétricamente eligiendo un conjunto de valores δ , uniformemente espaciados en el intervalo 0 a δ_3 , y aplicando las ecuaciones (100) a (103) sustituyendo i_s por $-i_s$. Para este fin, la separación entre valores no debe exceder de $1,0^\circ$ y hay que incluir los puntos extremos.

$$\delta_3 = \arccos \left[\frac{\cos \psi_m + \sen \zeta_e \sen i_s}{\cos \zeta_e \cos i_s} \right]$$

1.2 Determinación de la ganancia hacia el horizonte mínima y máxima a partir del perfil del ángulo de elevación visible mínimo

La ganancia hacia el horizonte de la antena de la estación terrena se determina desde el perfil de valores del ángulo de elevación compuesto mínimo (ϵ_c). En cualquier acimut, el ángulo de elevación compuesto mínimo es el mayor entre el ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite en el acimut (ϵ_v) y el ángulo de elevación mínimo para la estación terrena (ϵ_{syt}). Se puede usar el siguiente procedimiento para determinar los valores máximo y mínimo de ganancia de antena hacia el horizonte para cada acimut considerado.

Se puede utilizar la siguiente ecuación para determinar la separación angular desde el perfil del horizonte, en un ángulo de acimut α y un ángulo de elevación hacia el horizonte, ϵ_h , hasta un punto en el perfil del ángulo de elevación compuesto mínimo, donde el ángulo de elevación compuesto mínimo es ϵ_c en un ángulo de acimut de α_c :

$$\varphi(\alpha, \alpha_c) = \arccos [\sin \epsilon_h(\alpha) \sin (\epsilon_c(\alpha_c)) + \cos \epsilon_h(\alpha) \cos (\epsilon_c(\alpha_c)) \cos (\alpha - \alpha_c)] \quad (104)$$

donde:

- α : acimut de la dirección considerada
- $\epsilon_h(\alpha)$: ángulo de elevación del horizonte en el acimut considerado, α
- $\epsilon_c(\alpha_c)$: ángulo de elevación compuesto mínimo en el acimut, α_c
- α_c : acimut correspondiente a ϵ_c .

El valor mínimo del ángulo de separación φ_{min} para el acimut considerado se determina hallando el valor mínimo de $\varphi(\alpha, \alpha_c)$ para cualquier acimut α_c , y el valor máximo, φ_{max} , se determina hallando el valor máximo de $\varphi(\alpha, \alpha_c)$ para cualquier acimut α_c . Los ángulos de acimut (α) se suelen tomar en incrementos de 5° ; no obstante, para determinar exactamente el ángulo de separación mínimo, hay que determinar los valores del ángulo de elevación compuesto mínimo, ϵ_c , para una separación de 1° o menos en el acimut α_c . Cuando el procedimiento indicado en el § 1.1 de este Apéndice no proporciona un perfil de ángulo de elevación compuesto mínimo con un separación suficientemente pequeña en ángulos de acimut, se puede utilizar la interpolación lineal para obtener los valores intermedios necesarios. La ganancias de antena hacia el horizonte máxima y mínima, G_{max} y G_{min} , que se han de utilizar en las ecuaciones indicadas en el § 2.2.1 del Anexo 1 para el acimut considerado, se obtienen aplicando los ángulos fuera del eje, φ_{min} y φ_{max} , respectivamente, en el diagrama de radiación de la antena de la estación terrena. Si no se conoce el diagrama de la antena de la estación terrena, se utiliza el diagrama de antena que figura en el § 3 del Apéndice 3 al Anexo 1. En muchos casos φ_{max} será suficientemente grande para todos los acimutes de modo que G_{min} será igual a la ganancia mínima del diagrama de antena para todos los acimutes.

1.3 Ejemplo de cálculo de la ganancia de antena hacia el horizonte con el método TIG

Este método se ilustra para una estación terrena que funciona con una estación espacial no geoestacionaria con los parámetros indicados en el Cuadro 6. El valor del ángulo de elevación compuesto mínimo de la estación terrena, ϵ_c , se toma como el mayor entre el ángulo de elevación mínimo para el sistema, ϵ_{sys} , y el ángulo de elevación mínimo de visibilidad del satélite determinado de la constelación para una estación en una latitud de 40° N. De este modo, el ángulo de elevación compuesto mínimo para este ejemplo varía de 6° a 35° .

CUADRO 6

Parámetros de simulación utilizados en el ejemplo

Altitud de la constelación	1 469 km
Forma de la órbita	Circular
Inclinación de la órbita	53°
Número de planos	20
Número de satélites por plano	4
Desplazamiento de fase entre los primeros satélites de los planos adyacentes	$67,5^\circ$
Tipo de zona	A2 (masa terrestre interior)
Porcentaje de tiempo: $p\%$	0,0015%
Latitud de la estación terrena	40° N
Diagrama de radiación de la antena	Máx. $(29 - 25 \log(\varphi))$ o -10 dBi
Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena	6°
Frecuencia	11,2 GHz
Ángulo de elevación hacia el horizonte	0°
Límite de potencia de interferencia máxima ($P_r(p)$)	-143 dBW
Potencia del transmisor del servicio fijo	-3 dBW
Ganancia de la antena del servicio fijo	45 dBi

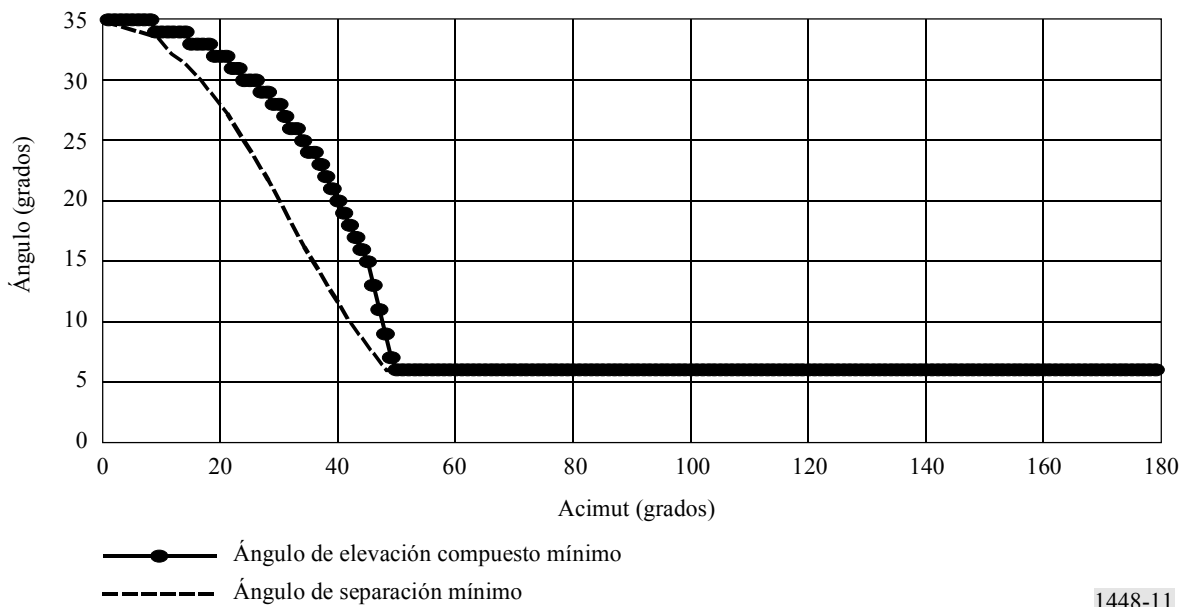
La Fig. 11 muestra el ángulo de elevación compuesto mínimo y el ángulo de separación mínimo, ϕ_{min} , para el caso de un ángulo de elevación hacia el horizonte de 0° en función del acimut. La Fig. 12 muestra la ganancia de antena hacia el horizonte máxima en función del acimut.

En este ejemplo, la ganancia mínima de la estación terrena receptora coordinadora hacia el horizonte tiene un valor constante de -10 dBi en cada acimut. Como la ganancia máxima es siempre inferior a $9,6$ dBi, G_e equivale a G_{max} en cada acimut ($G_{max} - G_{min} < 20$ dB).

La Fig. 13 muestra el contorno de coordinación para el ejemplo de ganancia hacia el horizonte y TIG en la Fig. 12. El efecto de la utilización de un ángulo de elevación compuesto mínimo es para reducir la distancia requerida para acimutes entre 310° y 50° .

FIGURA 11

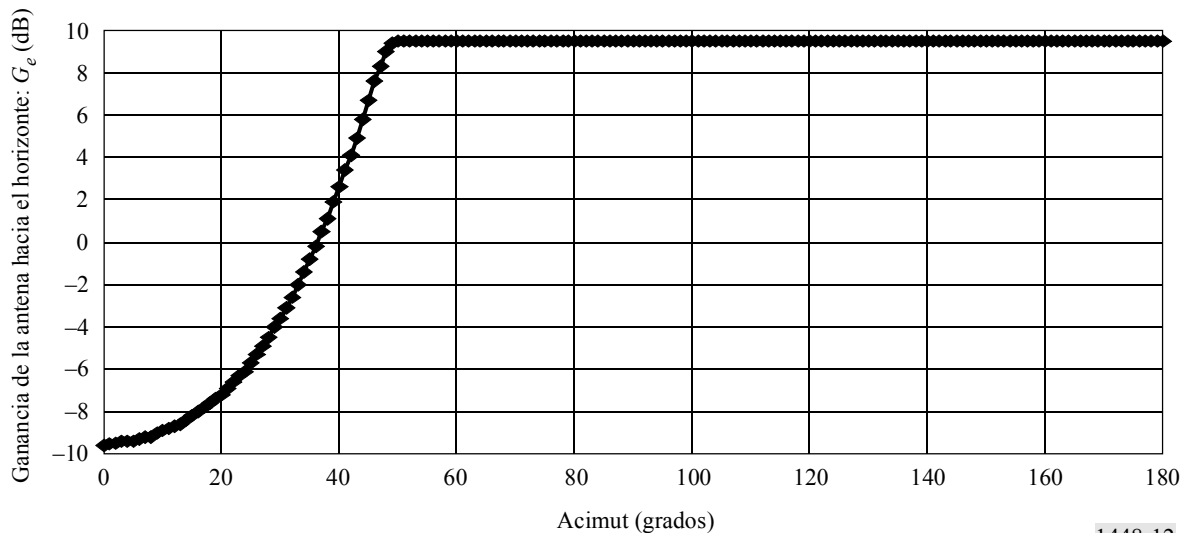
Ángulo de elevación compuesto, ϵ_c , y ángulo de separación mínimo, ϕ_{min} , en función del acimut para una estación terrena situada en la latitud 40° N, y que funciona con un sistema del servicio fijo por satélite no OSG



1448-11

FIGURA 12

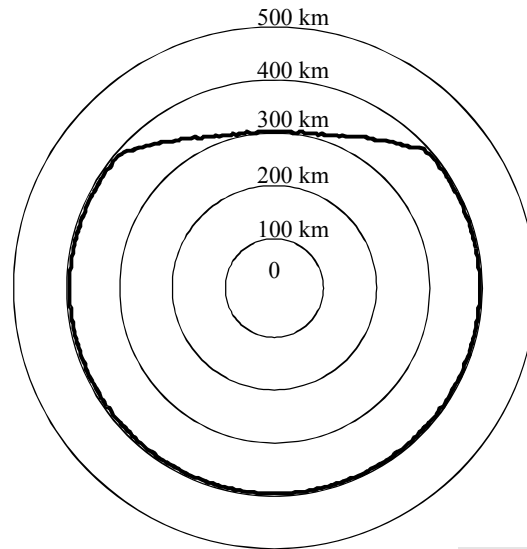
Ganancia de la antena hacia el horizonte, G_e , en función del acimut



1448-12

FIGURA 13

**Contorno del modo de propagación (1)
para el ejemplo dado**



1448-13

2 Determinación de la distribución de ganancia de antena hacia el horizonte para el método TVG

El método TVG para determinar la zona de coordinación de una estación terrena requiere determinar las estadísticas de ganancia de antena hacia el horizonte para todos los acimutes (en incrementos adecuados, por ejemplo, 5°). La determinación de la distribución de la ganancia hacia el horizonte requiere información sobre la estación terrena y sobre la órbita, que incluya si se utiliza o no el mantenimiento en posición de la estación para mantener un solo trayecto orbital (sistema de seguimiento en tierra repetitivo/no repetitivo). Considerando las orientaciones contenidas en el § 2.2 del Anexo 1, la distribución acumulada de la ganancia hacia el horizonte dependiente del tiempo de una antena de estación terrena transmisora o receptora que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias, se calcula como sigue:

- Se simula la constelación de la estación espacial no geoestacionaria durante un periodo suficientemente largo, con un paso de tiempo apropiado para la altitud orbital, con el fin de obtener una representación válida de las variaciones de la ganancia de la antena. Para constelaciones con seguimiento en tierra repetitivo, se simula el trayecto orbital para cada satélite visible desde la estación terrena durante un periodo del seguimiento en tierra. Para constelaciones con seguimiento en tierra no repetitivo, se simula la órbita de cada satélite en la constelación durante un periodo suficientemente largo para obtener una representación estable de la distribución.
- En cada paso de tiempo, se determina el acimut y el ángulo de elevación de cada satélite que es visible en la estación terrena y por encima del ángulo de elevación mínimo en otros criterios con los cuales funciona la estación terrena. Además, el ángulo de elevación mínimo se podría utilizar para evitar ciertas configuraciones geométricas, por ejemplo, evitación del arco de la órbita geoestacionaria (no transmisión entre una estación terrena y un satélite no geoestacionario que esté dentro de $\pm X^\circ$ del arco de la órbita geoestacionaria).
- En cada paso, y para cada satélite en comunicación con la estación terrena, se usa el diagrama de antena de estación terrena real, o una fórmula que dé una aproximación adecuada de éste, para calcular la ganancia hacia el horizonte en cada acimut y ángulo de elevación alrededor de la estación terrena.
- La ganancia de la antena hacia el horizonte varía en la gama G_{\min} a G_{\max} . Estos valores pueden ser obtenidos por los métodos indicados en el § 1 de este Apéndice. Se elige después un incremento de ganancia, g (dB) y partición de la gama de ganancia por un número de niveles de ganancia entre G_{\min} y G_{\max} .

es decir, $G = \{ G_{\min}, G_{\min} + g, G_{\min} + 2g, \dots, G_{\max} \}$

Estos niveles de ganancia determinan un conjunto de intervalos de ganancia de modo que el n -ésimo intervalo de ganancia ($n = 1, 2, 3, \dots$) incluye valores de ganancia iguales o mayores que $G_{\min} + (n-2)g$ y menores que $G_{\min} + (n-1)g$.

Se recomienda un valor de $g = 0,1$ a $0,5$ dB.

Para cada acimut en el horizonte alrededor de la estación terrena, se acumula el tiempo que la ganancia hacia el horizonte toma un valor en cada intervalo de ganancia de anchura g (dB).

- La función fdp en cada acimut se determina dividiendo el tiempo en cada intervalo de ganancia por el total del tiempo de simulación.

Se determina la Función de distribución acumulativa (CDF) de la ganancia hacia el horizonte en cada acimut acumulando la función de densidad de ganancia en ese acimut. El valor de la CDF requerida en cualquier valor de ganancia específico es el porcentaje de tiempo que la ganancia es menor o igual que ese valor de ganancia.

3 Ecuaciones para determinar las ubicaciones de satélites en órbita

Las siguientes ecuaciones se pueden utilizar en el método algorítmico anterior para determinar la ubicación de satélites en una constelación. Estas ecuaciones son aplicables a órbitas circulares y elípticas.

Para una tierra esférica, el ángulo de elevación, ϵ_s , a un satélite no geostacionario visto desde una estación terrena que funciona con una estación espacial no geostacionaria, viene dado por:

$$\epsilon_s = \arcsen \left\{ (r_s \cos(\psi) - r_e) / r_s^2 + r_e^2 - 2 r_s r_e \cos(\psi) \right\}^{0,5} \quad (105)$$

donde:

$$\begin{aligned} \cos(\psi) = & \cos(\zeta) [\cos(\lambda_r t + \lambda_e - \lambda_s) \cos(\omega_p + v) + \sin(\lambda_r t + \lambda_e - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega_p + v)] \\ & + \sin(\zeta) \sin(i_s) \sin(\omega_p + v) \end{aligned}$$

$$\lambda_r = \omega_e - \Omega_r$$

ω_e : velocidad de rotación de la Tierra = $4,178075 \times 10^{-3}$ (grados/s)

Ω_r : velocidad de precedencia de los nodos de la órbita del satélite no geostacionario, $\Omega_r = -[(1,15325 \times 10^{-4}) / (1 - e^2)^2] (r_e / a)^{3,5} \cos(i_s)$ (grados/s)

ψ : ángulo entre los vectores desde el centro de la Tierra hasta el satélite no geostacionario y desde el centro de la Tierra hasta la estación terrena coordinadora (grados)

r_s : distancia desde el centro de la Tierra hasta el satélite no geostacionario en el instante t (km)

r_e : distancia desde el centro de la Tierra hasta la estación terrena coordinadora = 6378,14 km

a : el semieje mayor de la órbita del satélite no geostacionario (km)

e : la excentricidad de la órbita del satélite orbital no geostacionario ($e = 0$ para órbitas circulares y $0 < e < 1$ para órbitas elípticas)

λ_s : longitud (véase la Nota 1) del nodo ascendente de la órbita del satélite no geostacionario en el instante $t = 0$ (grados)

i_s : ángulo de inclinación de la órbita del satélite no geostacionario (grados)

ω_p : argumento de perigeo de la órbita del satélite no geostacionario en el instante t (grados)

v : anomalía verdadera del satélite no geostacionario en su órbita en el instante t (grados)

λ_e, ζ : longitud y latitud de la estación terrena coordinadora (grados)

t : tiempo actual (s).

NOTA 1 – Si la órbita es muy elíptica, puede ser necesario relacionar este parámetro para la ascensión correcta del nodo ascendente.

El vector del satélite desde el centro de la Tierra en función del tiempo, viene dado por:

$$\vec{r}_s = r_s \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = r_s \begin{pmatrix} \sin(\lambda_r t - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega_p + v) + \cos(\lambda_r t - \lambda_s) \cos(\omega_p + v) \\ \cos(\lambda_r t - \lambda_s) \cos(i_s) \sin(\omega_p + v) - \sin(\lambda_r t - \lambda_s) \cos(\omega_p + v) \\ \sin(i_s) \sin(\omega_p + v) \end{pmatrix} \quad (106)$$

La longitud (λ_t) y latitud (ζ_t) subsatelitales en función del tiempo son (véase la Nota 2):

$$\lambda_t = \arctg(y/x) \quad \zeta_t = \arcsen(z) \quad (107)$$

NOTA 2 – La tangente de arco en las ecuaciones (107) y (108) se debe calcular utilizando una función de tangente de arco de cuatro cuadrantes.

El acimut (α_s) del satélite no geostacionario visto desde la estación terrena coordinadora es:

$$\alpha_s = \operatorname{arctg} \left\{ \frac{-\cos(\zeta_t) \operatorname{sen}(\delta)}{\cos(\zeta) \operatorname{sen}(\zeta_t) - \operatorname{sen}(\zeta) \cos(\zeta_t) \cos(\delta)} \right\} \quad (108)$$

donde:

$$\delta = \lambda_e - \lambda_t \quad (109)$$

El ángulo φ (α_s, ε_s) expresado en función de los ángulos acimutal y de elevación (α_s y ε_s) del eje del haz principal de la estación terrena coordinadora y los ángulos acimutal y de elevación con respecto al horizonte (α, ε_h) en la dirección considerada, vienen dados por:

$$\varphi(\alpha_s, \varepsilon_s) = \arccos \left\{ \cos(\alpha_s - \alpha) \cos(\varepsilon_s) \cos(\varepsilon_h(\alpha)) + \operatorname{sen}(\varepsilon_s) \operatorname{sen}(\varepsilon_h(\alpha)) \right\} \quad (110)$$

Para órbitas elípticas, v, r_s y el argumento de perigeo ω_p no son constantes en el tiempo como en órbitas circulares y la anomalía verdadera de un satélite en su órbita elíptica en el instante t se obtiene mediante:

$$v = 2 \operatorname{arctg} \left[\sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \left(\frac{\xi_t}{2} \right) \right] \quad \text{grados} \quad (111)$$

donde ξ_t (rad) es la anomalía excéntrica que se obtiene resolviendo la siguiente ecuación:

$$\eta_t = \xi_t - e \operatorname{sen}(\xi_t) \quad \text{rad} \quad (112)$$

Si se conoce la anomalía media inicial η_0 en un instante inicial, t_0 , la anomalía media, η_t en algún instante ulterior, t , viene dada por:

$$\eta_t = \eta_0 + \eta_r (t - t_0) \quad \text{rad} \quad (113)$$

donde:

$$\eta_0 = \xi_0 - e \operatorname{sen}(\xi_0) \quad \text{rad} \quad (114)$$

$$\xi_0 = \arccos \left\{ \frac{e + \cos(v_0)}{1 + e \cos(v_0)} \right\} \quad \text{rad} \quad (115)$$

η_r : velocidad de rotación angular media, $\eta_r = \mu^{0,5}/a^{1,5}$ (rad/s)

μ : constante gravitacional de la Tierra = 398 600,5 (km³/s²)

v_0 : anomalía verdadera especificada en el instante t_0 (grados).

Obsérvese que el valor adecuado de ξ_t es determinado mediante un método iterativo.

La distancia desde el centro de la Tierra hasta el satélite no geostacionario en su órbita elíptica en el instante t es:

$$r_s = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(v)} \quad \text{km} \quad (116)$$

El argumento de perigeo, que es el ángulo entre el nodo ascendente y el perigeo viene dado por:

$$\omega_p = \omega_{p0} + \omega_r (t - t_0) \quad \text{grados} \quad (117)$$

donde:

ω_{p0} : argumento de perigeo en el instante t_0 (grados).

$$\omega_r = \frac{5,7662 \times 10^{-5}}{(1 - e^2)^2} \left(\frac{r_e}{a} \right)^{3,5} [5(\cos i_s)^2 - 1] \quad \text{grados/s} \quad (118)$$

APÉNDICE 5

AL ANEXO 1

Determinación de la distancia de coordinación con el método TVG

1 Determinación de la distancia requerida con el método TVG

La determinación de la zona de coordinación de una estación terrena aplicando el método TVG requiere el cálculo de la distancia de coordinación. Este cálculo se basa en una distribución acumulada de la ganancia hacia el horizonte de la antena de la estación para cada acimut que se ha de considerar (en incrementos angulares adecuados, por ejemplo, 5°). Las distribuciones apropiadas para este fin pueden ser elaboradas con el método indicado en el § 2 del Apéndice 4 al Anexo 1. El proceso para calcular la distancia de coordinación para cada acimut se describe a continuación.

Paso 1: A partir de la distribución acumulada complementaria de la ganancia de antena hacia el horizonte, para el acimut considerado, determinar el porcentaje de tiempo, p_n , que la ganancia hacia el horizonte rebasa el nivel, G_{en} , donde:

$$G_{en} = G_{min} + (n - 1)g \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (119)$$

con:

G_{min} : valor mínimo de la ganancia hacia el horizonte, y

g : incremento de ganancia.

Paso 2: Para cada porcentaje, p_n , que es igual o mayor que 2p%, el porcentaje de tiempo que se ha de utilizar para determinar la pérdida de trayecto del modo de propagación (1) es p_v .

$$p_v = 100 p/p_n \quad \% \quad \text{para } p_n \geq 2p\% \quad (120)$$

Para cada porcentaje de tiempo, determinar la distancia, d_n (km), para la cual la pérdida de trayecto prevista del modo de propagación (1) es igual a la pérdida requerida mínima del modo de propagación (1) utilizando el modelo de propagación de acuerdo con el § 4 del Anexo 1 y la ecuación:

$$L_{bn}(p_v) = P_t + G_{en} + G_x - P_r(p) \quad \text{dB} \quad (121)$$

Los valores de p_v deben estar dentro de la gama de porcentajes de tiempo del modelo del modo de propagación (1) (véase el § 1.5.1 del Anexo 1).

Paso 3: La distancia requerida del modo de propagación (1) para el acimut considerado es la mayor de las distancias, d_n (km), calculada en el Paso 2, excepto cuando se alcanza esta distancia más grande para el valor más pequeño de p_n que es igual o mayor que 2p de acuerdo con la ecuación (120). En estos casos, la distancia requerida del modo de propagación (1) para el acimut considerado es la distancia determinada por la ecuación (121) con $G_{en} = G_{máx}$ y $p_v = 50\%$, donde $G_{máx}$ es el valor máximo de ganancia de antena hacia el horizonte.

Paso 4: La distancia de coordinación del modo de propagación (1) para el acimut considerado es la distancia requerida determinada en el Paso 3, excepto que la distancia de coordinación debe estar entre la distancia de coordinación mínima, d_{min} , y la distancia de coordinación máxima, $d_{máx1}$. Estos límites se indican en los § 4.2 y 4.3 del Anexo 1, respectivamente.

2 Ejemplo del cálculo de un contorno de coordinación con el método TVG

Este ejemplo de coordinación muestra una estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no geoestacionaria y una estación terrenal receptora en la banda de frecuencias 6 875-7 055 MHz. Los parámetros de sistema utilizados para determinar el contorno de coordinación del modo de propagación (1) se enumeran en el Cuadro 7.

CUADRO 7

Parámetros de sistema utilizados en el ejemplo

<i>Parámetros orbitales de los satélites no geoestacionarios</i>	
Altitud (km)	1 414
Número de satélites	48
Ángulo de inclinación (grados)	52
<i>Parámetros para la estación terrena coordinadora que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias</i>	
Latitud (grados)	50
Longitud (grados)	0
Ángulo de elevación de funcionamiento mínimo (grados)	10
Diagrama de antena	Ecuación (99)
Ganancia de antena máxima en transmisión (dBi)	43,5
Potencia transmisora (dBW)	10,5
Anchura de banda (MHz)	1,23
<i>Parámetros para la estación terrenal receptora</i>	
Modulación	Digital
$p\%$	0,0025
Ganancia de la antena receptora (dBi)	47
Anchura de banda de referencia (MHz)	1
Nivel de interferencia umbral, $P_r(p)$ (dBW)	-103

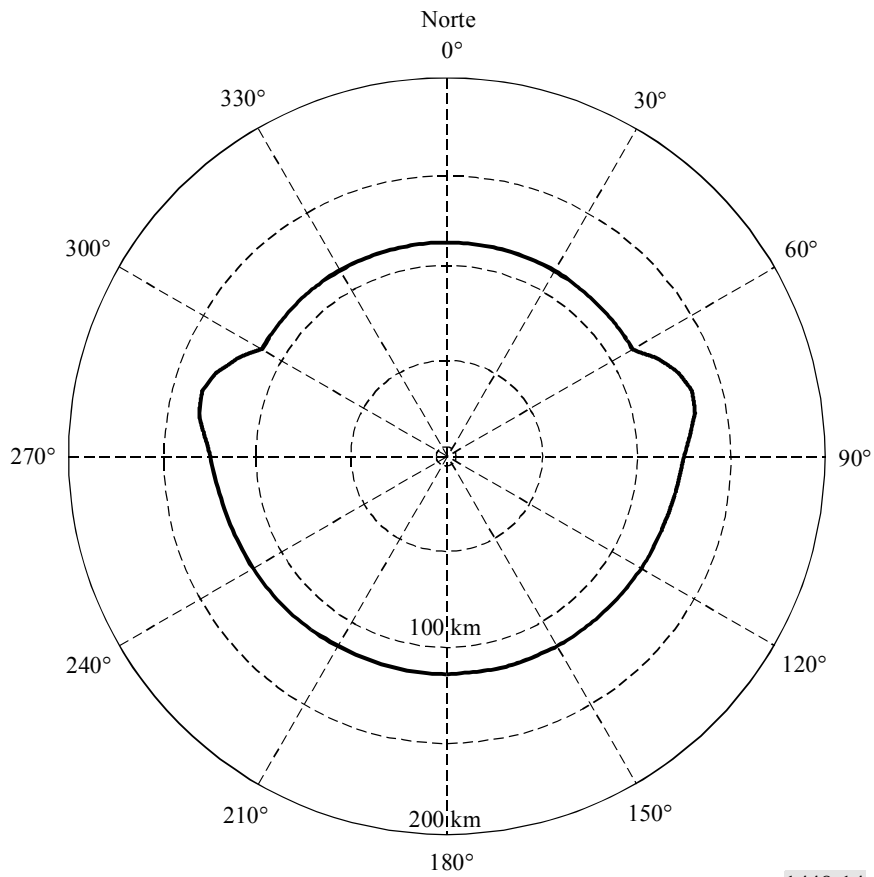
El Cuadro 8 muestra detalles de los cálculos para determinar las distancias de coordinación. Las distancias han sido determinadas en la frecuencia central de la banda utilizando el procedimiento indicado en § 1 de este Apéndice. Se aplicaron un incremento de tamaño de paso de 0,1 km y un incremento de ganancia de antena hacia el horizonte de 0,1 dB para obtener las distribuciones de ganancia hacia el horizonte, de acuerdo con § 2 del Apéndice 4 al Anexo 1. El valor más grande en la columna d_n (km) en estos Cuadros representa la distancia de coordinación en el acimut especificado. La Fig. 14 muestra el contorno de coordinación, determinado de acuerdo con las distancias de coordinación, en incrementos acimutales de 5°.

CUADRO 8

Distancias calculadas para una estación terrena transmisora que funciona con estaciones espaciales no OSG (acimut = 70°)

Índice de nivel de ganancia n	Ganancia de antena hacia el horizonte G_{en} (dBi)	CDF complementaria p_n (%)	$p_v = p/p_n$ (%)	Pérdida requerida $L_{bn}(p_v)$ (dB)	Distancia calculada d_n (km)
1	-10,0	100,00	0,0025	145,50	113,34
2	-9,5	14,75	0,0169	146,00	101,64
3	-9,0	13,77	0,0182	146,50	103,94
4	-8,5	12,84	0,0195	147,00	106,24
5	-8,0	11,93	0,0210	147,50	108,44
6	-7,5	11,07	0,0226	148,00	110,54
7	-7,0	10,24	0,0244	148,50	112,64
8	-6,5	9,45	0,0265	149,00	114,64
9	-6,0	8,69	0,0288	149,50	116,64
10	-5,5	7,97	0,0314	150,00	118,44
11	-5,0	7,28	0,0343	150,50	120,24
12	-4,5	6,63	0,0377	151,00	121,94
13	-4,0	6,02	0,0415	151,50	123,54
14	-3,5	5,43	0,0460	152,00	125,04
15	-3,0	4,87	0,0513	152,50	126,34
16	-2,5	4,35	0,0575	153,00	127,54
17	-2,0	3,85	0,0649	153,50	128,44
18	-1,5	3,39	0,0737	154,00	129,24
19	-1,0	2,94	0,0850	154,50	129,74
20	-0,7	2,70	0,0926	154,80	129,94
21	-0,6	2,62	0,0954	154,90	130,04
22	-0,5	2,53	0,0988	155,00	129,94
23	0,0	2,15	0,1163	155,50	129,84
24	0,5	1,79	0,1397	156,00	129,14
25	1,0	1,46	0,1712	156,50	127,84
26	1,5	1,15	0,2174	157,00	125,54
27	2,0	0,86	0,2907	157,50	121,74
28	2,5	0,61	0,4098	158,00	116,04
29	3,0	0,38	0,6579	158,50	106,04
30	3,5	0,18	1,3889	159,00	100,94
31	4,0	0,01	20,0000	159,50	100,94

FIGURA 14
Contorno de coordinación del modo de propagación (1) para el ejemplo dado



1448-14

APÉNDICE 6

AL ANEXO 1

Determinación de la zona de coordinación para una estación terrena transmisora con respecto a las estaciones terrenas receptoras que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente

1 Introducción

La zona de coordinación del modo de propagación (1) de una estación terrena transmisora, con respecto a estaciones terrenas receptoras desconocidas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias, requiere la determinación de la ganancia hacia el horizonte de la antena de la estación terrena receptora en cada acimut de la estación terrena transmisora. Hay que aplicar diferentes métodos para determinar la zona de coordinación de la estación terrena coordinadora, dependiendo de si funciona con estaciones espaciales geoestacionarias o no geoestacionarias. Cuando la estación terrena coordinadora y la estación terrena receptora desconocida funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias, es necesario también determinar un contorno de coordinación del modo de propagación (2).

La zona de coordinación de una estación terrena transmisora, con respecto a las estaciones terrenas receptoras desconocidas que funcionan con estaciones espaciales no geoestacionarias, puede ser determinada modificando ligeramente los métodos aplicables para determinar la zona de coordinación de estaciones terrenas transmisoras con respecto a estaciones terrenales. (Véanse los § 3.2.1 y 3.2.3 del Anexo 1.)

2 Determinación del contorno de coordinación bidireccional para el modo de propagación (1)

Para una estación terrena transmisora que funciona en una banda de frecuencias que está atribuida también para uso bidireccional por estaciones terrenas receptoras que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias, es necesario elaborar más los procedimientos indicados en el Apéndice 3 al Anexo 1. Es preciso determinar la ganancia hacia el horizonte de la estación terrena receptora desconocida, la ganancia hacia el horizonte debe ser utilizada en cada acimut en la estación terrena (transmisora) coordinadora, para determinar la zona de coordinación bidireccional.

2.1 Cálculo de la ganancia hacia el horizonte para estaciones terrenas receptoras desconocidas que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias

El valor de G_r , ganancia hacia el horizonte de la estación terrena receptora, para cada acimut, α , en la estación terrena transmisora, se halla mediante los siguientes pasos:

Paso 1: La estación terrena receptora puede estar funcionando con cualquier satélite en la órbita geoestacionaria por encima de un ángulo de elevación mínimo, ε_{min} , contenido en el Cuadro 16. La diferencia máxima en longitud (δ_b (grados)) entre la estación terrena receptora y su estación espacial asociada se produce en este ángulo de elevación mínimo, ε_{min} , y viene dada por:

$$\delta_b = \arccos \left(\frac{\sin \left(\varepsilon_{min} + \arcsen \left(\frac{\cos(\varepsilon_{min})}{K} \right) \right)}{\cos(\zeta)} \right) \quad (122)$$

donde:

ζ : latitud de la estación terrena receptora, que se supone sea igual que la de la estación terrena transmisora

K : proporción entre el radio de la órbita del satélite y el radio de la Tierra, igual a 6,62.

Paso 2: Para cada acimut, α , en la estación terrena transmisora:

- determinar el acimut, α_r , desde la estación terrena receptora hasta la estación terrena transmisora:

$$\alpha_r = \alpha + 180^\circ \quad \text{para } \alpha < 180^\circ$$

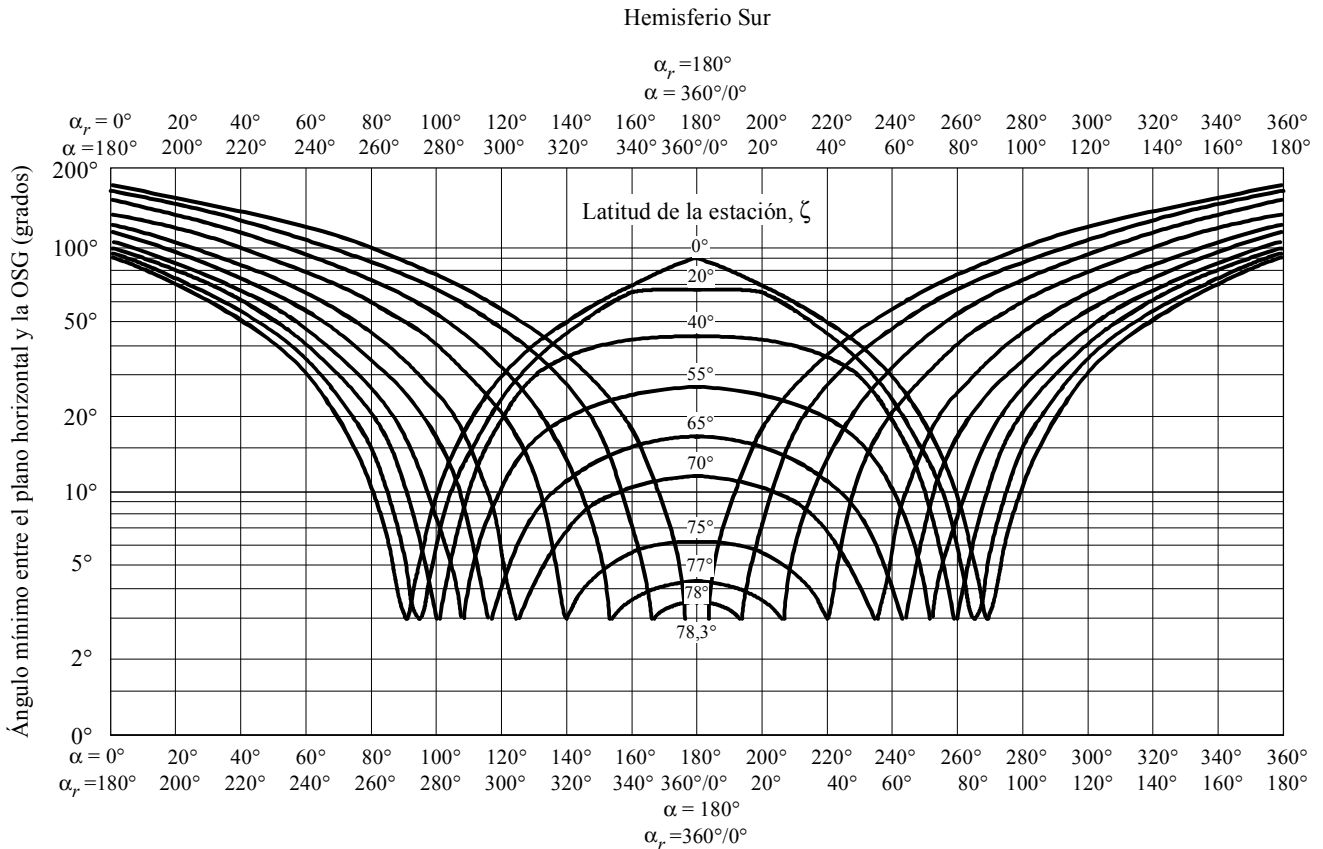
$$\alpha_r = \alpha - 180^\circ \quad \text{para } \alpha \geq 180^\circ$$

- para el acimut α_r , determinar la separación angular mínima, $\varphi(\alpha_r)$ entre el eje del haz principal de la estación terrena receptora y el horizonte en este acimut utilizando el Caso 2 del § 2 del Apéndice 3 al Anexo 1. Para esta evaluación, se toman los valores de δ entre $-\delta_b$ y $+\delta_b$ en pasos de 1° o menos, asegurando que se incluyen los puntos extremos.

La separación angular mínima, $\varphi(\alpha_r)$, se puede utilizar con el diagrama de ganancia del § 3 del Apéndice 3 al Anexo 1 para determinar la ganancia hacia el horizonte en este acimut, α , a menos que en el Cuadro 16 figure un diagrama de ganancia diferente.

La Fig. 15 muestra la separación angular mínima entre el horizonte en 0° de elevación en un acimut α_r y un satélite en la órbita geoestacionaria en una elevación por encima de 3° . Se muestran los trazos para un conjunto de valores de la latitud de la estación, ζ , que se supone es igual para las estaciones terrenas transmisora y receptora. La Fig. 15 proporciona también una escala que muestra el correspondiente acimut, α , de la estación terrena transmisora.

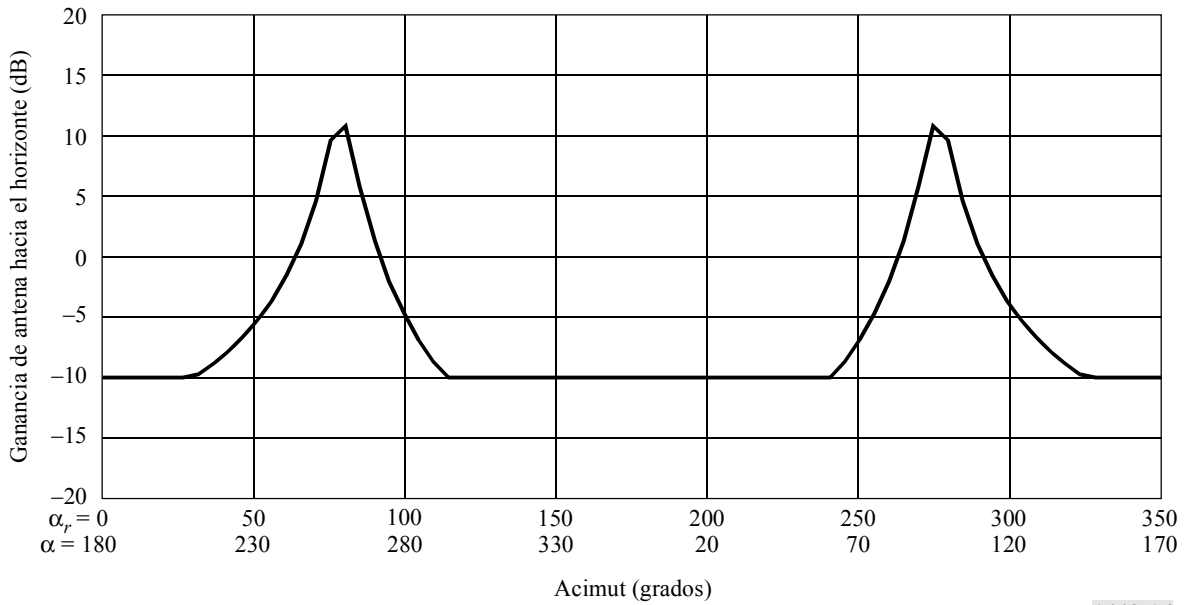
FIGURA 15
Ilustración de la distancia angular mínima entre puntos en la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) y el plano horizontal



2.2 Ejemplo de cálculo del contorno de coordinación para ambas estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geostacionarias

Se ha utilizado la separación angular mínima entre el eje del haz principal de las estaciones terrenas receptoras y el horizonte en cada acimut, para una estación en 40° de latitud, con el diagrama de referencia de antena de estación terrena que figura en el Apéndice 3 al Anexo 1, para trazar la ganancia hacia el horizonte de la antena de estación terrena receptora en función de (α) y (α_r), como se muestra en la Fig. 16.

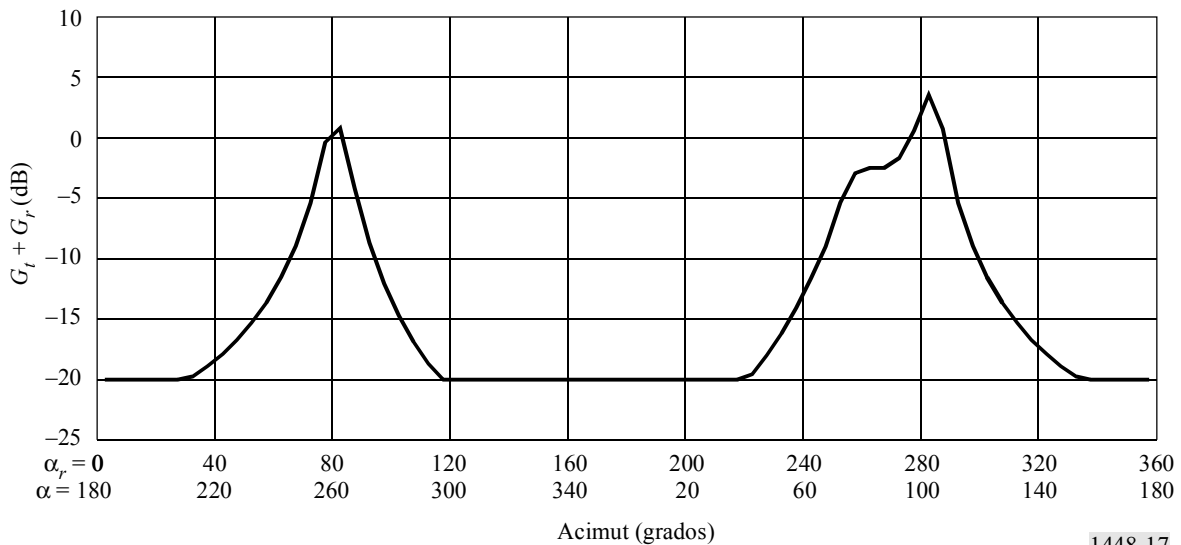
FIGURA 16
Ejemplo de ganancia de antena hacia el horizonte con arco pleno para ángulo de elevación hacia el horizonte de 0° y 5° de ángulo de elevación mínimo de antena en 40° de latitud Norte



1448-16

La Fig. 17 muestra la suma de las ganancias de antena $G_t(\alpha) + G_r(\alpha_r)$ en cada acimut de la estación terrena transmisora para este ejemplo.

FIGURA 17
Ganancia de antena hacia el horizonte compuesta $G_t + G_r$ para el ejemplo de la Fig. 16

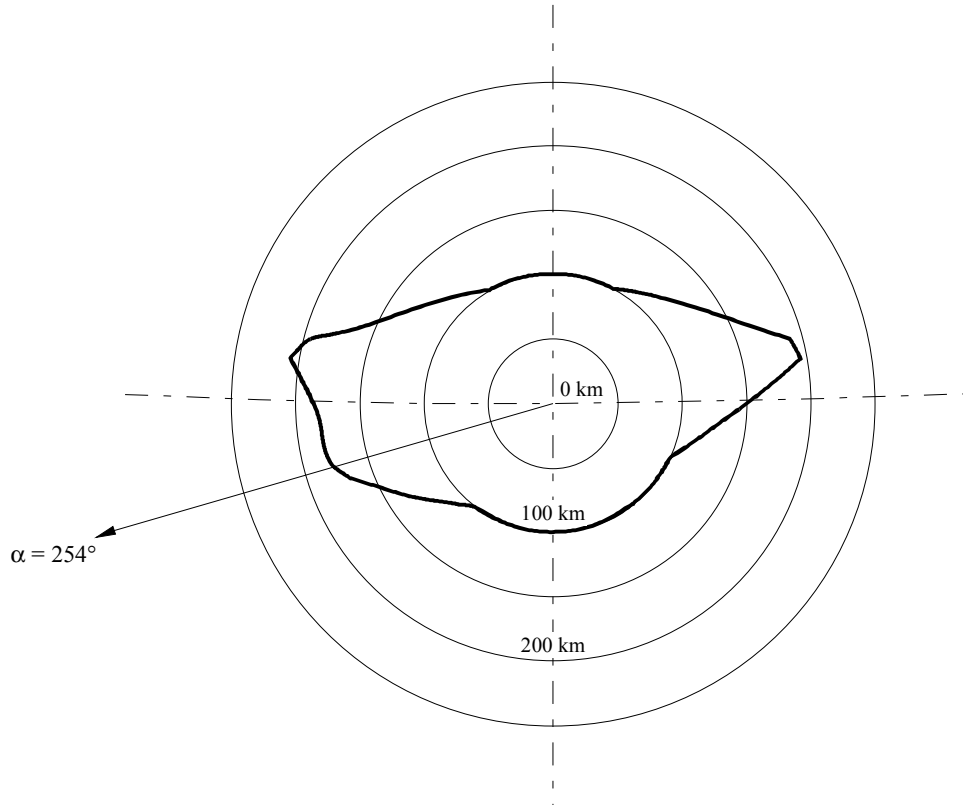


1448-17

En la Fig. 18 se muestra un ejemplo de la zona de coordinación del modo de propagación (1), que se ha elaborado utilizando el diagrama de ganancia de antena de la Fig. 17, con los parámetros de sistema pertinentes.

FIGURA 18

Ejemplo de una zona de coordinación en modo de propagación (1) bidireccional



Hipótesis para la estación terrena transmisora:

$$f = 17,9 \text{ GHz}$$

$$P_t = 40 \text{ dBW}$$

$$\zeta = 40^\circ \text{ N}$$

$$\text{Ángulo de elevación al satélite} = 10^\circ$$

$$\text{Acimut al satélite} = 254^\circ$$

$$\text{Zona radioclimática} = \text{A2}$$

$$\text{Ángulo de elevación del horizonte} = 0^\circ$$

$$\text{Ángulo de elevación mínimo de la estación terrena receptora} = 5^\circ$$

Criterios:

$$P_r(p) = -138 \text{ dBW}$$

$$p_0 = 0,003\%$$

Cuadro 16b

2.3 Ejemplo de cálculo del contorno de coordinación para una estación terrena transmisora que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias y una estación terrena receptora que funciona con estaciones espaciales geoestacionarias mediante el método TVG

Este punto presenta un ejemplo de la determinación del contorno de coordinación del modo de propagación (1) para una estación terrena transmisora que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias, con respecto a una estación terrena receptora que funciona con estaciones espaciales geoestacionarias, en la banda de frecuencias 6 875-7 055 MHz. La estación terrena y los parámetros orbitales del satélite se indican en el Cuadro 9.

CUADRO 9

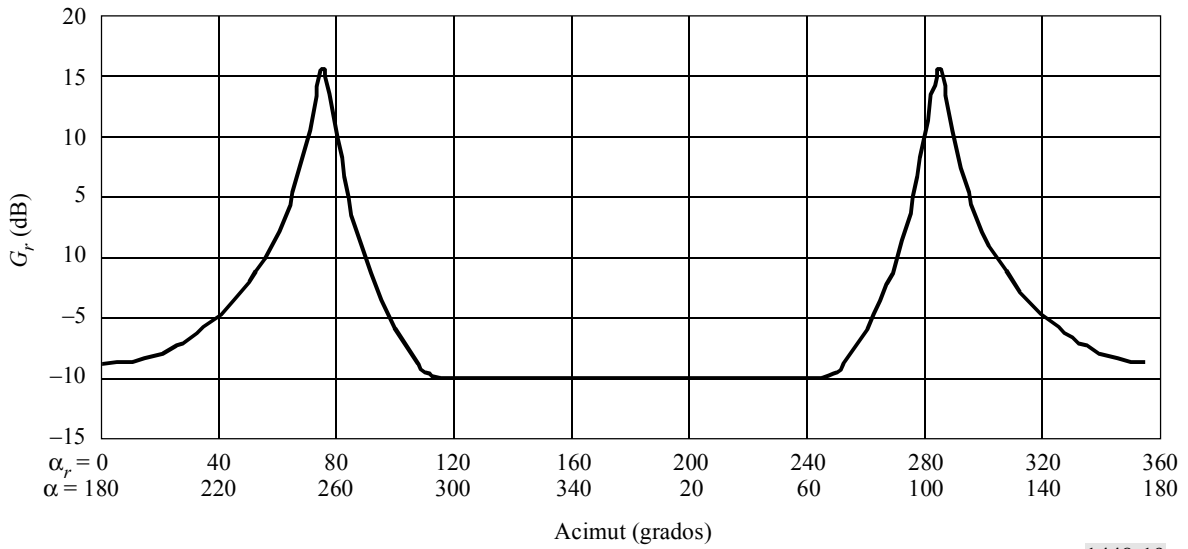
Estaciones terrenas y parámetros orbitales del satélite utilizados en el ejemplo

<i>Parámetros orbitales de los satélites no geoestacionarios</i>	
Altitud (km)	1 414
Número de satélites	48
Ángulo de inclinación (grados)	52
<i>Parámetros para la estación terrena coordinadora que funciona con estaciones espaciales no geoestacionarias</i>	
Latitud (grados)	50
Longitud (grados)	0
Ángulo de elevación mínimo de funcionamiento (grados)	10
Diagrama de ganancia de antena	Ecuación (99)
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	50
p.i.r.e./Portadora (dBW)	56,5
Anchura de banda de transmisión (kHz)	1 230
<i>Parámetros para las estaciones terrenas receptoras que funcionan con estaciones espaciales geoestacionarias (del Cuadro 16a)</i>	
Modulación	Digital (N)
Porcentaje de tiempo, $p\%$	0,005
N_L (dB)	1
M_s (dB)	2
W (dB)	0
Ganancia de la antena receptora (dB)	50,7
T_e (K)	75
Anchura de banda de referencia (MHz)	1
$P_r(p)$ (dBW)	-151

Se utilizó la separación angular mínima entre el eje del haz principal de la estación terrena receptora y el horizonte en cada acimut para una estación en 50° de latitud, con el diagrama de referencia de antena de estación terrena del Apéndice 3 al Anexo 1, para generar el trazo de la ganancia de antena hacia el horizonte de la estación terrena receptora en función (α) y (α_r) como se muestra en la Fig. 19.

FIGURA 19

Ganancia de antena hacia el horizonte de la estación terrena receptora en la latitud 50° Norte con un ángulo de elevación mínimo de 3°

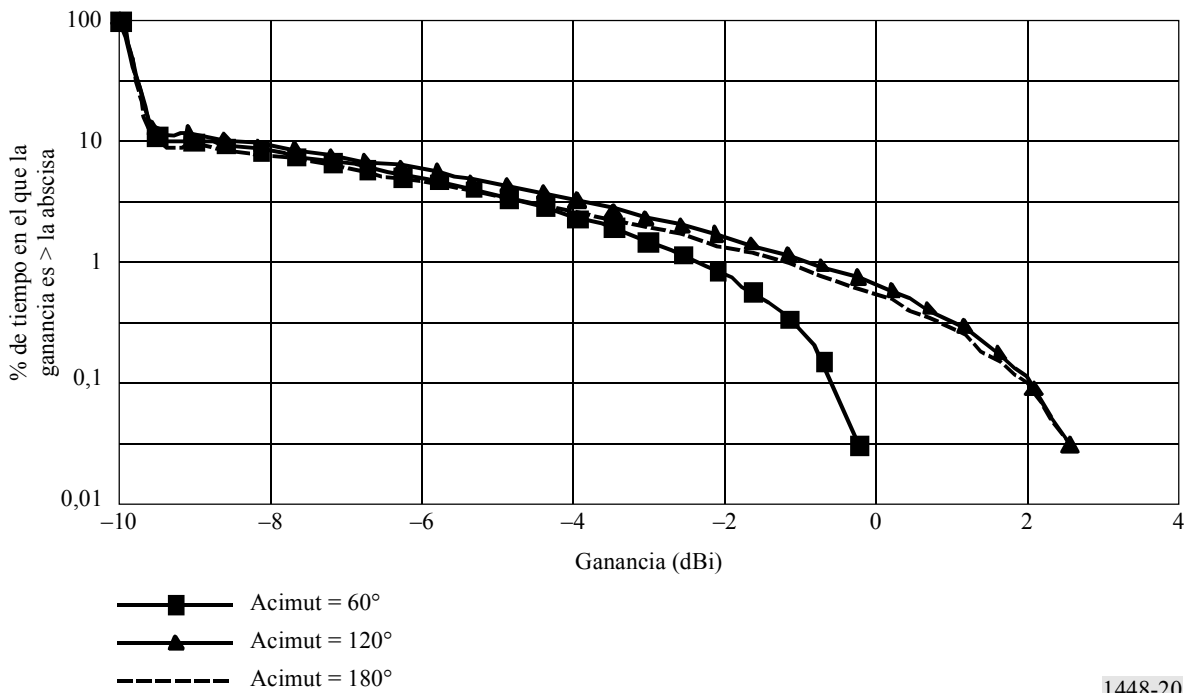


1448-19

La Fig. 20 muestra CDF complementarias de la ganancia de antena hacia el horizonte de la estación terrena transmisora que funciona con satélites no geostacionarios en tres acimutes. Estas distribuciones, que dan el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa el valor de la ganancia hacia el horizonte, se elaboraron aplicando el procedimiento indicado en § 2 del Apéndice 4 al Anexo 1.

FIGURA 20

CDF complementarias de la ganancia de antena hacia el horizonte de la estación terrena transmisora en acimutes de 60°, 120° y 180°



1448-20

Para cada acimut en la estación terrena transmisora, se utiliza el valor apropiado de ganancia hacia el horizonte para la estación terrena receptora de la Fig. 19 con la correspondiente distribución de ganancia hacia el horizonte de la estación terrena transmisora, que se indica en la Fig. 20, en el procedimiento del § 1 del Apéndice 5 al Anexo 1.

El Cuadro 10 muestra un ejemplo de la determinación de la distancia, para los parámetros de ejemplo del Cuadro 9 en un acimut de 60°, para la estación terrena transmisora que funciona con una estación espacial no geoestacionaria, con respecto a la estación terrena geoestacionaria receptora desconocida, que funciona con una estación espacial geoestacionaria. Las distancias se calcularon mediante el procedimiento citado anteriormente, en la frecuencia central de la banda, para un incremento de tamaño de paso de 0,1 dB en la gama de la ganancia de antena hacia el horizonte. El valor mayor de distancia en la columna d_n (km) del Cuadro 10 se selecciona como la distancia requerida del modo de propagación (1) en el acimut especificado.

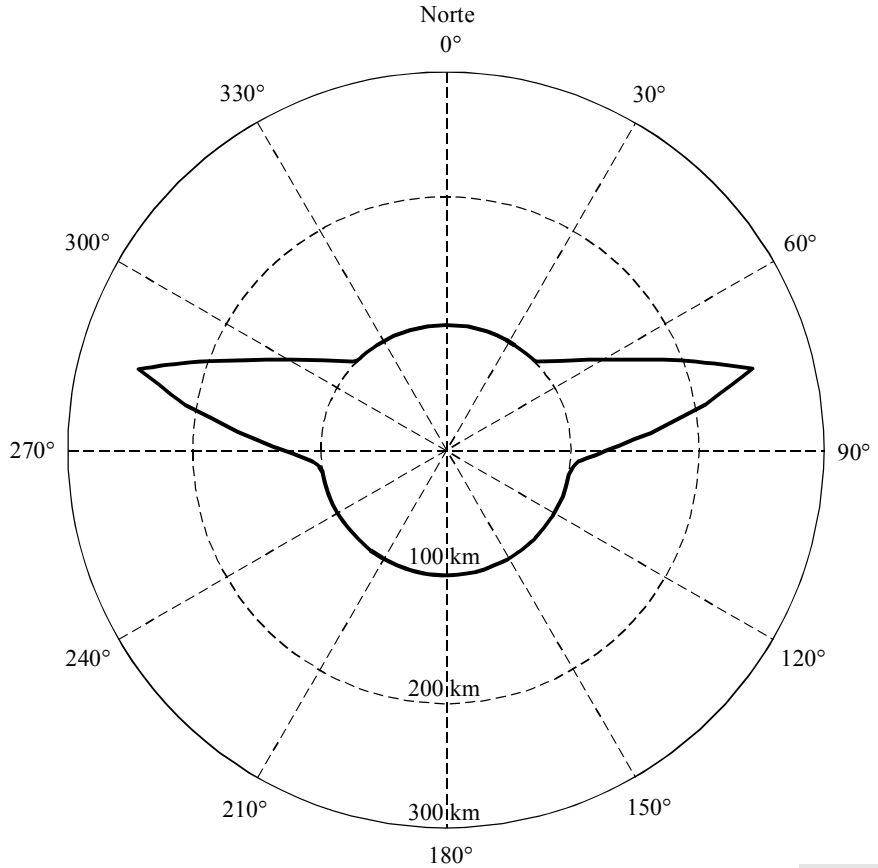
CUADRO 10

Distancias, d_n , para una estación terrena transmisora que funciona con estaciones espaciales no OSG con respecto a una estación terrena receptora que funciona con una estación espacial geoestacionaria (acimut = 60°)

Índice de nivel de ganancia n	Ganancia de antena hacia el horizonte G_{en} (dBi)	CDF complementaria $p_n\%$	$p_v = p/p_n$ (%)	Pérdida requerida $L_{bn}(p_v)$ (dB)	Distancia calculada d_n (km)
1	-10,0	100,00	0,005	149,66	146,74
2	-9,5	11,15	0,045	150,16	119,74
3	-9,0	10,17	0,049	150,66	121,84
4	-8,5	9,24	0,054	151,16	123,84
5	-8,0	8,35	0,060	151,66	125,54
6	-7,5	7,51	0,067	152,16	127,14
7	-7,0	6,71	0,075	152,66	128,44
8	-6,5	5,96	0,084	153,16	129,54
9	-6,0	5,25	0,095	153,66	130,34
10	-5,5	4,58	0,109	154,16	130,84
11	-5,0	3,96	0,126	154,66	130,84
12	-4,5	3,39	0,147	155,16	130,54
13	-4,0	2,86	0,175	155,66	129,54
14	-3,5	2,36	0,212	156,16	127,84
15	-3,0	1,92	0,260	156,66	125,34
16	-2,5	1,52	0,329	157,16	121,64
17	-2,0	1,15	0,435	157,66	116,04
18	-1,5	0,84	0,595	158,16	108,74
19	-1,0	0,56	0,893	158,66	100,94
20	-0,5	0,33	1,515	159,16	100,94
21	0,0	0,15	3,333	159,66	100,94
22	0,5	0,03	16,667	160,16	100,94
23	0,6	0,01	20,000	160,26	100,94

La Fig. 21 muestra el contorno de coordinación determinado a partir de las distancias de coordinación para todos los acimutes.

FIGURA 21
Contorno de coordinación del modo de propagación (1) para una estación terrena transmisora que funciona con estaciones espaciales no OSG y una estación terrena receptora que funciona con una estación espacial OSG



3 Determinación del contorno bidireccional de dispersión debida a la lluvia

El procedimiento para determinar la zona de dispersión bidireccional debida a la lluvia, que se describe en el § 3.1.2 del Anexo 1, es el siguiente:

La distancia horizontal d_s (km) desde la estación terrena coordinadora hasta el punto en el cual el eje del haz principal alcanza la altura de la lluvia, h_R , se calcula mediante:

$$d_s = 8\,500 \left(\sqrt{\text{tg}^2 \epsilon_s + h_R / 4\,250} - \text{tg} \epsilon_s \right) \quad \text{km} \quad (123)$$

donde la altura de la lluvia, h_R , puede ser determinada a partir de las ecuaciones (75) o (76) del Apéndice 2 al Anexo 1.

La distancia de cálculo máxima, $d_{em\acute{a}x}$, que se ha de utilizar para determinar el contorno del modo de propagación (2), para el caso de una estación terrena coordinadora que funciona en bandas de frecuencias atribuidas bidireccionalmente, depende de la altura de la lluvia. Es la distancia mayor determinada a partir de:

$$d_{em\acute{a}x} = 130,4 \sqrt{h_R} \quad \text{km} \quad \text{o } d_{min}$$

donde la distancia de coordinación mínima, d_{min} , se indica en el § 4.2 del Anexo 1.

El punto, a la distancia d_s , en el acimut α_s del eje del haz principal de la estación terrena coordinadora, es el punto geográfico inmediatamente por debajo de la intersección del eje del haz principal con la altura de la lluvia, y es el punto de referencia desde el cual se mide la distancia de cálculo máxima, $d_{em\acute{a}x}$ (véase la Fig. 22).

Si la distancia de cálculo máxima, $d_{em\acute{a}x}$, es mayor que la distancia de coordinación mínima, $d_{m\acute{i}n}$, se calcula la latitud máxima en la cual una estación terrena receptora puede funcionar con un satélite geoestacionario con un ángulo de elevación mínimo ϵ_s :

$$\zeta_{m\acute{a}x} = \arccos \left[\frac{\cos(\epsilon_s)}{K} \right] - \epsilon_s \quad (124)$$

donde:

ϵ_s : se indica en el Cuadro 16

K : proporción entre el radio de la órbita del satélite y el radio de la Tierra, igual a 6,62.

Si la latitud de la estación terrena coordinadora en el Hemisferio Norte es mayor que $\zeta_{m\acute{a}x}$, o si la latitud de la estación terrena coordinadora en el Hemisferio Sur es menor que $-\zeta_{m\acute{a}x}$ o -71° , el contorno de la dispersión debida a la lluvia es un círculo de radio $d_{m\acute{i}n}$, centrado en la estación terrena transmisora.

En todos los demás casos, la zona de coordinación se determina mediante el siguiente procedimiento:

Paso 1: Se supone que la estación terrena receptora desconocida está funcionando con un satélite en el ángulo de elevación mínimo ϵ_s . Se supone también que la estación terrena receptora está relativamente cerca de la estación terrena coordinadora en términos geométricos, por lo que se puede aplicar una aproximación de geometría plana dentro de la zona de coordinación. Si el eje del haz principal de la estación terrena receptora pasa a través de la intersección del eje de haz principal de la estación terrena coordinadora con la altura de la lluvia, los acimutes desde el punto en la tierra, inmediatamente por debajo de esta intersección, hasta las posibles ubicaciones de una estación terrena receptora vienen dados por:

$$\alpha_{w1} = \arccos \left[\frac{\text{tg } \zeta}{\text{tg } \zeta_{m\acute{a}x}} \right]$$

y

$$\alpha_{w2} = 360^\circ - \alpha_{w1}$$

donde ζ es la latitud de la estación terrena transmisora.

Paso 2: Marcar en un mapa de una escala apropiada la ubicación de la estación terrena coordinadora y dibujar desde este lugar una línea de distancia, d_s , a lo largo del acimut, α_s , hasta el punto por debajo de la intersección del eje del haz principal de la estación terrena coordinadora con la altura de la lluvia.

Paso 3: Desde el punto de intersección del eje de haz principal en el Paso 2, marcar en el mapa la distancia, $d_{em\acute{a}x}$, a lo largo de los dos acimutes, α_{w2} y α_{w1} , y en cada acimut en la distancia, $d_{em\acute{a}x}$, se dibujan dos arcos de distancia iguales de 3° de ancho en los sentidos dextrógiro y levógiro. Los dos arcos, cada uno con una anchura total de 6° , son los primeros elementos limitadores de la zona bidireccional de dispersión debida a la lluvia.

Paso 4: Marcar un círculo de radio igual a la distancia de coordinación mínima, $d_{m\acute{i}n}$, alrededor de la ubicación de la estación terrena coordinadora, y dibujar después desde los extremos norte de los dos segmentos de arco tangentes al borde norte del círculo, y desde los extremos sur de los dos segmentos de arco líneas rectas tangentes al borde sur del círculo.

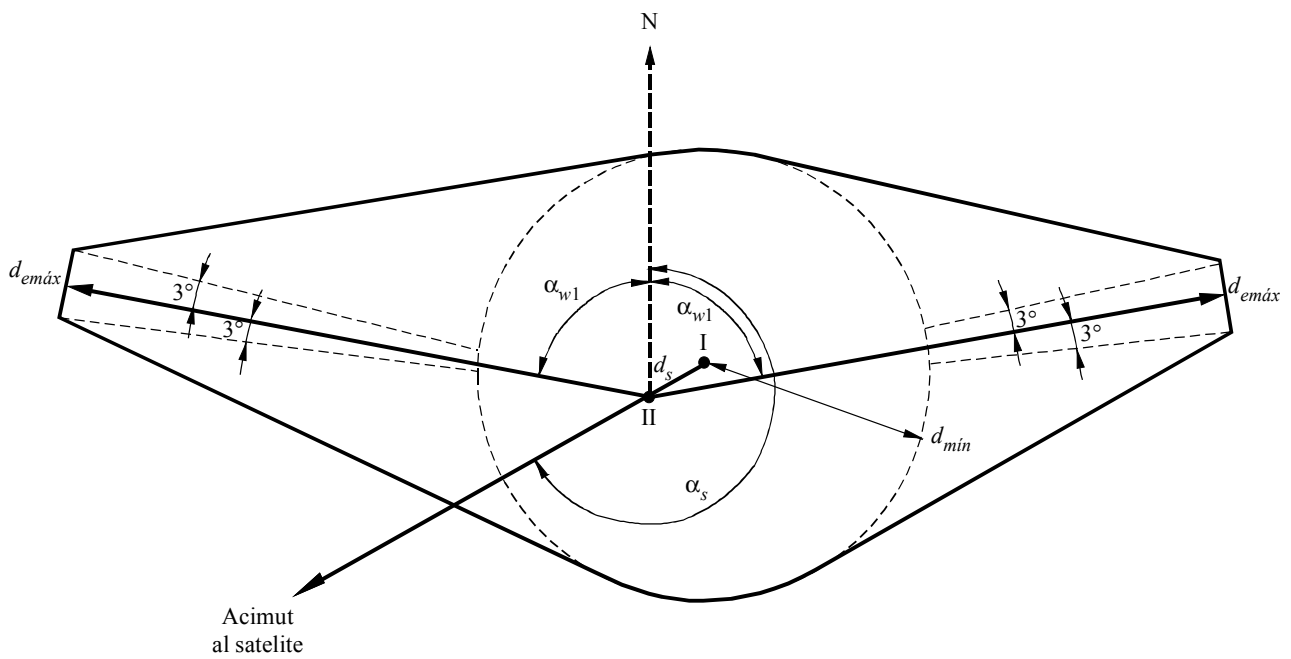
La zona limitada por los dos arcos de 6° de ancho, las cuatro líneas rectas y las secciones circulares (de las cuales hay siempre por lo menos una) entre los dos puntos tangentes norte y los dos sur con las líneas rectas, constituye la zona bidireccional de dispersión debida a la lluvia.

La Fig. 22 ilustra el trazado de la zona bidireccional de dispersión debida a la lluvia para una estación terrena mostrada en la Fig. 18. (La zona de dispersión debida a la lluvia resultante contiene los posibles lugares geométricos de las ubicaciones de todas las estaciones terrenas receptoras desde las cuales un trayecto de haz hacia la órbita de los satélites geoestacionarios intersectará el haz principal de la antena de la estación terrena transmisora.)

FIGURA 22

Ejemplo de zona bidireccional de dispersión debida a la lluvia

(No a escala)



I: ubicación de la estación terrena transmisora

II: punto donde el eje de haz principal de la antena de estación terrena alcanza la altitud h_R

Hipótesis:

$$\zeta = 40^\circ \text{ N}$$

$$\varepsilon_s = 10^\circ$$

$$\alpha_s = 254^\circ$$

1448-22

APÉNDICE 7

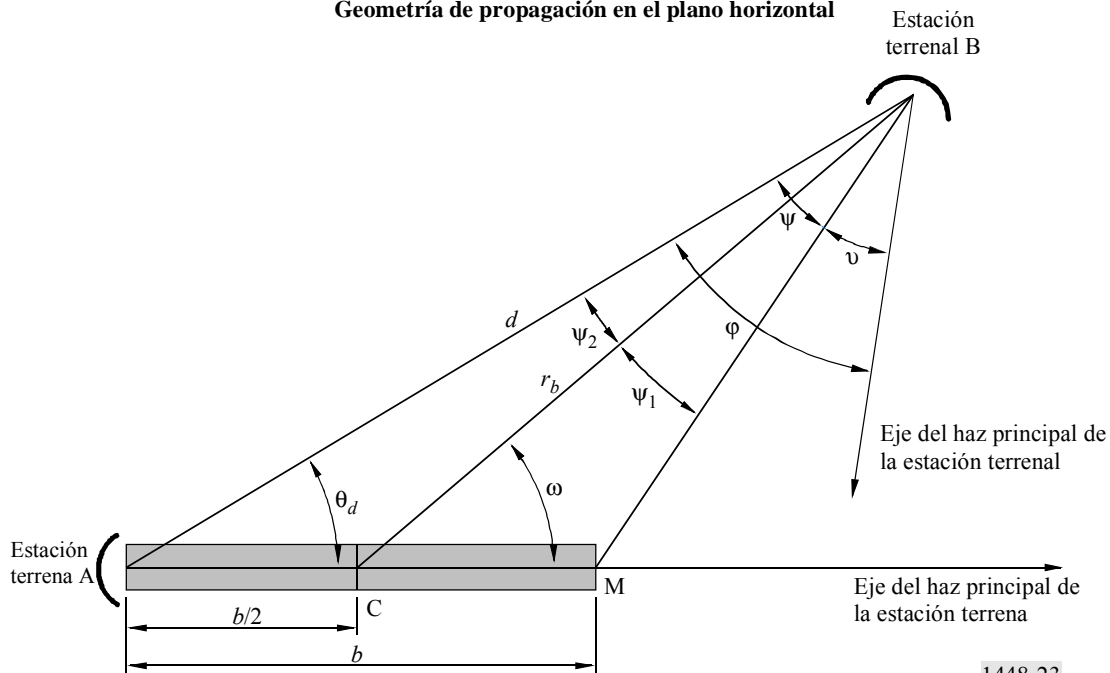
AL ANEXO 1

Determinación de contornos auxiliares para el modo de propagación (2)

1 Determinación de contornos auxiliares para el modo de propagación (2)

Los contornos auxiliares del modo de propagación (2) permiten tomar en consideración el desplazamiento acimutal de un haz de antena de estación terrenal desde la ubicación de la estación terrenal coordinadora. La Fig. 23 muestra la región de dispersión por hidrometeoros proyectada en el plano horizontal. En esta Figura, la estación terrenal y la estación terrenal están situadas en los puntos A y B respectivamente, donde la estación terrenal está en una dirección radial definida por el ángulo ω desde el punto C en el centro del contorno principal o suplementario del modo de propagación (2). El punto C es también el centro del contorno auxiliar.

FIGURA 23
Geometría de propagación en el plano horizontal



1448-23

La zona sombreada en la Fig. 23 representa la región crítica, a lo largo del eje del haz principal de la estación terrenal, entre la estación terrenal y la altura de la lluvia. Dentro de esta región crítica, puede formarse un volumen común entre el haz de la estación terrenal y el haz de cualquier estación terrenal dentro del contorno principal o suplementario del modo de propagación (2). La longitud de esta región crítica es b y su extensión horizontal máxima está en el punto M. La intersección de esta región crítica por el eje del haz principal de la estación terrenal, produciría una interferencia importante debida a la dispersión por hidrometeoros a través del acoplamiento de lóbulo principal con lóbulo principal.

Para un punto dado dentro del contorno principal o suplementario del modo de propagación (2), el ángulo subtendido por la región crítica se denomina el ángulo crítico, ψ . El ángulo de protección, ν , representa el ángulo del eje del haz principal de la estación terrenal fuera de la región crítica. El ángulo de evitación del haz entre el eje del haz principal de la estación terrenal y la ubicación de la estación terrenal es ϕ . Es la suma de los dos ángulos ψ y ν , y ésta es la magnitud que tiene un valor fijo para un contorno auxiliar específico. Cada contorno auxiliar es generado variando el ángulo ω , y derivando la distancia, r_b , desde el punto C al contorno auxiliar. Cuando el ángulo ω aumenta de 0° a 360° , los ángulos ψ y ν cambian, pero su suma permanece igual.

El algoritmo indicado en el § 2 de este Apéndice se puede utilizar para calcular el contorno auxiliar del modo de propagación (2) para un valor dado del ángulo de evitación del haz, ϕ .

El método se basa en la disminución iterativa de la distancia, r_b , entre la estación terrenal y el centro del volumen común, comenzando en la distancia de contorno principal, d_r , hasta que se halla el valor más corto de r_b para el cual se alcanza la pérdida mínima requerida, o la distancia de coordinación mínima. Para cada valor de r_b , se determina el ángulo crítico ψ y se calcula el ángulo de protección ν . La ganancia de antena de la estación terrenal correspondiente a ν y la distancia considerada, r_b , se utilizan para obtener la pérdida de trayecto del modo de propagación (2) en la ecuación (83).

El proceso anterior se repite para cada ángulo ω , para generar un contorno auxiliar completo para un valor dado de ángulo de evitación del haz ϕ . Para algunas combinaciones de ángulo de evitación del haz ϕ y ángulo ω , un contorno auxiliar puede coincidir con el contorno principal o suplementario del modo de propagación (2).

2 El algoritmo paso por paso

Los contornos auxiliares del modo de propagación (2) se construyen calculando distancias a lo largo de radiales desde el centro del contorno principal o suplementario del modo de propagación (2), que es el punto C, en la distancia $b/2$ desde la estación terrena a lo largo del acimut de su eje de haz principal. La distancia $b/2$ es también igual a Δd , donde Δd viene dada por la ecuación (84), véase el Apéndice 2 al Anexo 1.

Para el valor seleccionado de ángulo de evitación del haz, ϕ , generar el contorno auxiliar para valores de ángulo ω , que varían de 0° a 180° en pasos de 1° , como sigue:

- Fijar r_b a la distancia de contorno principal o suplementario de modo (2), d_r , calculada como se describe en el § 3.1 del Apéndice 2 al Anexo 1.
- Calcular ψ a partir de:

$$\psi_1 = \arctg\left(\frac{b \sen \omega}{2r_b - b \cos \omega}\right) \quad (125)$$

$$\psi_2 = \arctg\left(\frac{b \sen \omega}{2r_b + b \cos \omega}\right) \quad (126)$$

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 \quad (127)$$

- Si $\psi > \phi$, el contorno auxiliar del modo (2) coincide con el contorno principal o suplementario del modo (2) para el valor actual de ω , completar el cálculo para ese valor de ω , y se pasa al Paso j). En los demás casos, continuar los siguientes Pasos d) a i), hasta que se satisfaga una de las condiciones de terminación descritas en los Pasos f) e i).
- Disminuir r_b sustrayendo 0,2 km de su valor.
- Calcular de nuevo el ángulo crítico ψ usando las ecuaciones (125), (126) y (127).
- Si $(0,5 b \sen \omega / \sen \psi_2) < d_{min}$, el contorno auxiliar del modo (2) coincide con la distancia de coordinación mínima d_{min} , se ha completado el cálculo para el valor actual de ω y se pasa al Paso j). En los demás casos, continuar al Paso g).
- Calcular el ángulo de protección $\upsilon = \phi - \psi$.
- Calcular $G(\upsilon)$, ganancia de antena de estación terrenal en el ángulo υ con respecto al eje del haz que utiliza el diagrama de antena de referencia indicado en este Apéndice.
- En la ecuación (83), utilizar la ganancia calculada en el Paso h) en vez de G_x y el valor actual de r_b en lugar de r_i y calcular la correspondiente atenuación del trayecto, L_r , del modo de propagación (2). Si $L_r < L(p)$, incrementar r_b añadiendo 0,2 km a su valor y tomar ésta como la distancia para la dirección radial actual. En los demás casos, repetir a partir del Paso d).
- Una vez hallado el valor de r_b para el valor actual de ángulo ω , calcular el ángulo θ_d , desde la ubicación de la estación terrena y, si procede, la distancia, d , hasta el punto del contorno utilizando:

$$d = 0,5 b \sen \omega / \sen \psi_2 \quad (128)$$

$$\theta_d = \omega - \psi_2 \quad (129)$$

Un contorno auxiliar del modo de propagación (2) es simétrico alrededor del eje del haz principal de la estación terrena. De este modo, los valores de d y θ_d correspondientes a los valores de ω de 181° a 359° pueden ser hallados observando que esos resultados para un valor dado de ω son iguales que para $(-\omega)$ o $(360^\circ - \omega)$.

El tamaño de paso para incrementar r_b indicado anteriormente, 0,2 km, es adecuado para la mayoría de los casos. Controla la granularidad del resultado cuando se considera como un conjunto de valores de r_b . Para valores bajos de elevación del haz de estación terrena, la granularidad se hace más perceptible en los valores de d y θ_d , y se puede usar un tamaño de paso más pequeño.

3 Diagramas de radiación de referencia para antenas de sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa

En este punto, el diagrama de radiación de referencia para antenas de sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa se usa para la antena de estación terrena desconocida en los cálculos del contorno auxiliar del modo de propagación (2), cuando no se dispone del diagrama de antena real.

- a) Cuando la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda es mayor que 100, se han de utilizar las siguientes ecuaciones:

$$G(\varphi) = G_{am\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{para} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \quad (130)$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para} \quad \varphi_m \leq \varphi < \varphi_r \quad (131)$$

$$G(\varphi) = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{para} \quad \varphi_r \leq \varphi < 48^\circ \quad (132)$$

$$G(\varphi) = -10 \quad \text{para} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (133)$$

$$G_1 = 2 + 15 \log \frac{D}{\lambda} \quad (134)$$

$$\varphi_m = \frac{20 \lambda}{D} \sqrt{G_{am\acute{a}x} - G_1} \quad (135)$$

$$\varphi_r = 15,85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0,6} \quad (136)$$

- b) Cuando la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda es menor o igual que 100, se han de utilizar las siguientes ecuaciones:

$$G(\varphi) = G_{am\acute{a}x} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 \quad \text{para} \quad 0 < \varphi < \varphi_m \quad (137)$$

$$G(\varphi) = G_1 \quad \text{para} \quad \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D} \quad (138)$$

$$G(\varphi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi \quad \text{para} \quad 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ \quad (139)$$

$$G(\varphi) = 10 - 10 \log \frac{D}{\lambda} \quad \text{para} \quad 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \quad (140)$$

- c) Cuando sólo se conoce la ganancia de antena máxima, D/λ se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$20 \log \frac{D}{\lambda} \approx G_{am\acute{a}x} - 7,7 \quad (141)$$

donde:

- $G_{am\acute{a}x}$: ganancia de antena del eje del haz principal (dBi)
- D : diámetro de antena (m)
- λ : longitud de onda (m)
- G_1 : ganancia del primer lóbulo lateral (dBi).

APÉNDICE 8

AL ANEXO 1

Parámetros

El Cuadro 11 contiene la lista de los parámetros de entrada que pueden necesitarse para la determinación de la zona de coordinación alrededor de una estación terrena. El Cuadro 12 indica otros parámetros utilizados en la determinación de la zona de coordinación.

CUADRO 11

Parámetros de entrada

Parámetro	Unidades	Definición	Referencia	Carácter
a	km	El semieje mayor de la órbita del satélite no geoestacionario	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
d_h	km	La distancia del horizonte desde la ubicación de la estación terrena (valor por defecto = 0,5 km)	§ 1 del Apéndice 1	Opcional
D	m	El diámetro de antena	§ 3 del Apéndice 3	Opcional ⁽²⁾
e		La excentricidad de la órbita del satélite no geoestacionario ($e = 0$ para órbitas circulares y $0 < e < 1$ para órbitas elípticas)	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
f	GHz	Frecuencia, 100 MHz-105 GHz	§ 4.2 del Anexo 1	De entrada
g	dB	Un incremento de ganancia utilizado en la determinación de la distribución de la ganancia de antena hacia el horizonte	§ 2 del Apéndice 4 § 1 del Apéndice 5	Opcional ⁽³⁾
$G_{am\acute{a}x}$	dBi	Ganancia de antena máxima a lo largo del eje del haz principal	§ 3 del Apéndice 3	Opcional ⁽²⁾
$G(\varphi)$	dBi	Ganancia de antena para un ángulo φ (grados) con respecto al eje del haz principal	§ 3 del Apéndice 3	Opcional ⁽²⁾
i_s	Grados	Ángulo de inclinación operacional máximo de la órbita de un satélite geoestacionario, o ángulo de inclinación nominal de una órbita de satélites no geoestacionarios, o el límite de latitud del movimiento orbital	§ 2 del Apéndice 3 § 1.1 del Apéndice 4 § 3 del Apéndice 4	De entrada ⁽⁴⁾ u opcional ⁽³⁾
K_l		El radio de la órbita/radio de la Tierra para el satélite a altitud más baja en la constelación	§ 1.1 del Apéndice 4	Opcional ⁽³⁾
ℓ_{t1}		La pérdida numérica en la línea de transmisión (por ejemplo, un guisoondas) entre el terminal de la antena y la unidad frontal del receptor	§ 2 del Anexo 2	De entrada ⁽⁵⁾
P_t	dBW	La potencia de transmisión disponible máxima en la anchura de banda de referencia en los terminales de la antena de una estación terrena de transmisión	§ 1.3, 2.1.1 y 2.2.2 del Anexo 1	De entrada ⁽⁶⁾
Q	dB	Valor de contorno auxiliar	§ 4.4 del Anexo 1	Opcional
t	s	Un tiempo utilizado para determinar la(s) posición(es) de satélite	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
t_0	s	Tiempo inicial	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
T_a	K	La temperatura de ruido con la que contribuye la antena de una estación terrena receptora de coordinación	§ 2 del Anexo 2	De entrada ⁽⁵⁾
T_r	K	La temperatura de ruido del receptor referida al terminal de antena de una estación terrena receptora de coordinación	§ 2 del Anexo 2	De entrada ⁽⁵⁾
α	Grados	El ángulo de acimut de la dirección considerada	§ 1 del Apéndice 1	De entrada
δ_e	Grados	La diferencia de longitud en el extremo oriental de la porción operacional del arco orbital	§ 2 del Apéndice 3	De entrada ⁽⁴⁾
δ_w	Grados	La diferencia de longitud en el extremo occidental de la porción operacional del arco orbital	§ 2 del Apéndice 3	De entrada ⁽⁴⁾

CUADRO 11 (Fin)

Parámetro	Unidades	Definición	Referencia	Carácter
ϵ_h	Grados	El ángulo de elevación del horizonte en el acimut α considerado. $\epsilon_n(\alpha)$ es el perfil del horizonte	§ 1 del Apéndice 1, § 1 del Apéndice 3 y § 3 del Apéndice 4	De entrada
ϵ_{sys}	Grados	El ángulo de elevación mínimo del haz principal de la antena de estación terrena, aplicable a todos los acimutes	§ 1 del Apéndice 4	De entrada ⁽³⁾
ζ	Grados	La latitud de la estación terrena (Norte positiva, Sur negativa)	§ 4.1 del Anexo 1 § 2 del Apéndice 3 y § 3 del Apéndice 4	De entrada
η_0	rad	La anomalía media inicial	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
λ_e	Grados	La longitud de una estación terrena (Este positiva, Oeste negativa)	§ 1.5.1 del Anexo 1 y § 3 del Apéndice 4	De entrada
λ_s	Grados	La longitud del nodo ascendente de la órbita del satélite no geostacionario en el instante t_0	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
ν_0	Grados	La anomalía verdadera especificada en el instante t_0	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
ξ_0	rad	Anomalía excéntrica en el instante t_0	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾
ν	Grados	Ángulo de protección utilizado al determinar el contorno auxiliar de dispersión causada por la lluvia	§ 1 y § 2 del Apéndice 7	Opcional
ω_{p0}	Grados	El argumento del perigeo de la órbita del satélite no geostacionario en el instante t_0	§ 3 del Apéndice 4	Opcional ⁽¹⁾

- (1) Parámetro necesario para la aplicación de las ecuaciones orbitales a los satélites no geostacionarios en el § 3 del Apéndice 4 al Anexo 1.
- (2) La ganancia hacia el horizonte necesaria para la determinación de la zona de coordinación puede determinarse de varias formas equivalentes a partir de diferentes datos especificados. Véanse los Apéndices 3 y 4 al Anexo 1.
- (3) Para estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales no geostacionarias.
- (4) Para estaciones terrenas que funcionan con estaciones espaciales geosíncronas.
- (5) Parámetro de entrada en la ecuación (143). Si una administración notificante ha utilizado esta ecuación para determinar la temperatura de ruido térmico, T_e , de la estación terrena receptora, el parámetro T_e puede utilizarse en la determinación de la zona de coordinación.
- (6) Esta potencia puede obtenerse de la densidad de potencia máxima suministrada a la entrada de la antena (dB(W/Hz)) y de la anchura de banda de referencia, B.

CUADRO 12

Otros parámetros utilizados

Parámetro	Sin subscripto	Con subscripto	Con argumento	Unidades	Definición	Referencia
A		√		dB	Atenuación	Apéndices 1 y 2
B	√			km	Longitud de la región crítica de dispersión causada por la lluvia	§ 1 del Apéndice 7
B	√			Hz	La anchura de banda de referencia, es decir, la anchura de banda en la estación receptora que está sujeta a interferencia y en la cual se puede promediar la potencia de la emisión interferente	§ 2 del Anexo 2
C		√		dB	Factor de corrección	§ 4.4 del Anexo 1
D		√		km	Distancia, normalmente desde la estación terrena	En todas partes
G	√	√	√	dBi	Ganancia de antena para un ángulo con respecto al eje del haz principal o hacia el horizonte	En todas partes

CUADRO 12 (Continuación)

Parámetro	Sin subscripto	Con subscripto	Con argumento	Unidades	Definición	Referencia
h_R		√		km	Altura de la lluvia sobre tierra	§ 3.1.2 del Anexo 1 y § 3 del Apéndice 2
i	√			Grados	La latitud de un punto subsatelital	§ 2 del Apéndice 3
K	√				Factor de escala para la determinación de la atenuación específica debida a la lluvia	§ 3 del Apéndice 2
K	√			J/K	Constante de Boltzmann, $1,38 \times 10^{-23}$ J/K	§ 2 del Anexo 2
K	√	√			Radio de la órbita de satélite/radio de la Tierra	§ 2 del Apéndice 3 § 1.1 del Apéndice 4
L	√	√	√	dB	Pérdida mínima requerida durante el $p\%$; o componentes de esta pérdida	§ 1.3 del Anexo 1 y § 1 del Apéndice 2
M_s				dB	El margen de funcionamiento del enlace	§ 2 del Anexo 2
N	√				El número de nivel igual equivalente, entradas de interferencia de probabilidad igual, que se suponen no están correlacionadas durante pequeños porcentajes del tiempo	§ 2 del Anexo 2
N_0					El índice de refracción de la superficie a nivel del mar en el centro del trayecto para frecuencias comprendidas entre 790 MHz y 60 GHz	§ 4.1 del Anexo 1
N_L				dB	La contribución de ruido del enlace	§ 2 del Anexo 2
P	√	√		%	El porcentaje del tiempo durante el cual puede rebasarse la interferencia admisible	§ 1.3 del Anexo 1
$P_r(p)$				dBW	Potencia de interferencia admisible de una emisión interferente en la anchura de banda de referencia que no ha de rebasarse durante más del $p\%$ del tiempo	§ 1.3 del Anexo 1 y § 2 del Anexo 2
P_t				dBW	La potencia de transmisión máxima disponible en la anchura de banda en los terminales de la antena de una estación terrenal transmisora	§ 1.3, 2.1.1 y 2.2.2 del Anexo 1
r		√		km	Parámetros de distancia radial	Apéndices 2, 4 y 7
R	√		√	mm/h	Intensidad de lluvia	§ 1 del Apéndice 2
R_{cv}					Función de transferencia de dispersión efectiva	§ 3 del Apéndice 2
s	√			km	El incremento de distancia utilizado en el cálculo iterativo de la distancia requerida	§ 1.3 del Anexo 1
T		√		K	Una temperatura de ruido térmico equivalente	§ 2 del Anexo 2
W	√			dB	Un factor de equivalencia de ruido térmico para emisiones interferentes en la anchura de banda de referencia	§ 2 del Anexo 2
$X(f)$			√	dB	Corrección nominal a una frecuencia f	§ 4.4 del Anexo 1
$Z(f)$			√	dB/km	Constante de corrección a la frecuencia f	§ 4.4 del Anexo 1
α	√				Exponente para determinar la atenuación específica debida a la lluvia	§ 3 del Apéndice 2
α	√	√	√	Grados	Un ángulo de acimut medido en la estación terrena de coordinación	Apéndices 3, 4 y 6

CUADRO 12 (Fin)

Parámetro	Sin subscripto	Con subscripto	Con argumento	Unidades	Definición	Referencia
β	√				La incidencia dependiente del trayecto de la propagación por conductos	§ 3 del Apéndice 1
β_e				%	El porcentaje de tiempo durante el cual existen condiciones de propagación anómala con aire despejado	§ 4.1 del Anexo 1
$\beta\gamma$		√	√	dB/km	Una atenuación específica	Apéndices 1 y 2
Γ_1					Un parámetro relacionado con la incidencia dependiente del trayecto de la propagación por conductos	§ 3 del Apéndice 1
Γ_2				dB	Atenuación adicional debido a la dispersión fuera del volumen común	§ 3 del Apéndice 2
Δd				km	La distancia horizontal desde la estación terrena al centro del contorno circular del modo de propagación (2), a lo largo del acimut del eje del haz principal de la antena de estación terrena	§ 5 del Anexo 1 y § 4 del Apéndice 2
δ	√	√		Grados	Una diferencia de longitud medida desde una estación terrena	Apéndices 3 y 4
ε		√	√	Grados	Un ángulo de elevación medido desde la ubicación de la estación terrena	Apéndices 1, 2, 3 y 4 Anexo 2
ζ	√	√		Grados	Un parámetro igual o relacionado con la latitud de la estación terrena	§ 4.1 del Anexo 1 y Apéndices 3 y 4
η		√		rad ⁽¹⁾	La anomalía media o su velocidad de rotación	§ 3 del Apéndice 4
θ_d				Grados	Un ángulo utilizado en la construcción del contorno auxiliar del modo de propagación (2)	§ 2 del Apéndice 7
λ	√			M	La longitud de onda de la potencia interferente	Apéndices 3 y 7
λ		√		Grados ⁽¹⁾	Un parámetro de longitud o su velocidad de cambio	§ 3 del Apéndice 4
μ	√			km ³ /s ²	La constante gravitacional de la Tierra	§ 3 del Apéndice 4
μ		√			Un parámetro utilizado para determinar β	§ 3 Apéndice 1
ν	√	√		Grados	Un parámetro de la anomalía verdadera de un satélite no geoestacionario en su órbita	§ 3 del Apéndice 4
ξ		√		rad	Anomalía excéntrica de un satélite no OSG	§ 3 del Apéndice 4
ρ	√			g/m ³	Densidad de vapor de agua atmosférica	§ 3 del Apéndice 1
σ, τ	√				Parámetros utilizados para determinar μ_1 y μ_2	§ 3 del Apéndice 1
φ	√	√	√	Grados	Un ángulo medido desde el eje del haz principal de una antena	Apéndices 3, 4 y 7
ψ	√	√	√	Grados	Diversas longitudes y diversos ángulos	Apéndices 3, 4 y 7
ω	√	√		Grados ⁽¹⁾	Diversos ángulos o sus velocidades de cambio	§ 3 del Apéndice 4 y Apéndice 7
Ω_r				Grados/s	Velocidad de presesión de los nodos del satélite no geoestacionario	§ 3 del Apéndice 4

(1) Con el subíndice *r* el parámetro es una velocidad de cambio con unidades/s.

ANEXO 2

Parámetros de sistemas para determinar la zona de coordinación alrededor de una estación terrena

1 Introducción

Los Cuadros 14 a 16 contienen los valores de parámetros de sistemas requeridos por los métodos indicados en el Anexo 1 para determinar la zona de coordinación alrededor de una estación terrena cuando la banda es compartida con servicios de radiocomunicaciones terrenales u otras estaciones terrenas que funcionan en el sentido de transmisión opuesto.

El Cuadro 14 sólo contiene los valores de parámetros de sistemas requeridos para una estación terrena transmisora que funciona en compartición con servicios terrenales; el Cuadro 15 sólo contiene los valores de parámetros requeridos para una estación terrena receptora que funciona en compartición con servicios terrenales; el Cuadro 16 muestra los valores de parámetros de sistemas requeridos para una estación terrena transmisora que comparte una banda atribuida bidireccionalmente con otras estaciones terrenas que funcionan en el sentido opuesto de transmisión.

Estos Cuadros de parámetros de sistemas incluyen atribuciones primarias a los servicios espaciales y terrenales en el Artículo 5 del RR en todas las bandas entre 100 MHz y 105 GHz. La información de algunas columnas está incompleta. En algunos casos esto se debe a que no hay que calcular las distancias de coordinación porque se aplican distancias de coordinación predeterminadas. En otros casos, las atribuciones a los servicios son nuevas y es posible que los sistemas no entren en servicio durante algunos años. En consecuencia, las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones están actualizando los parámetros de sistema.

Los parámetros específicos de la estación terrena para la que se solicita coordinación son proporcionados a la Oficina de Radiocomunicaciones en el formato especificado en el Apéndice 4 al RR como parte de los procesos de notificación y coordinación.

La fila de cada cuadro titulada «Método que se ha de utilizar» dirige al usuario al punto adecuado del Anexo 1 que describe los procedimientos que se han de aplicar para determinar la zona de coordinación.

Obsérvese que la estación terrena para la cual se ha de determinar la zona de coordinación es identificada por la designación de servicio indicada en la primera fila de cada Cuadro.

Cuando se ha de calcular un contorno suplementario, por ejemplo, para sistemas fijos digitales, los parámetros de sistemas necesarios figuran en una de las columnas adyacentes en los Cuadros 14, 15 y 16. Si no se dispone de parámetros de sistema adecuados, el valor de la potencia de interferencia admisible ($P_r(p)$) se puede calcular utilizando la ecuación (142) del § 2.

2 Cálculo de la potencia de interferencia admisible de una emisión interferente

Los Cuadros 14, 15 y 16 contienen valores para los parámetros requeridos para calcular la potencia de interferencia admisible de la emisión interferente (dBW), en la anchura de banda de referencia, que no se ha de rebasar durante más del $p\%$ del tiempo en el terminal de la antena receptora de una estación sujeta a interferencia procedente de una sola fuente, utilizando la fórmula general:

$$P_r(p) = 10 \log(k T_e B) + N_L + 10 \log(10^{M_s/10} - 1) - W \quad \text{dBW} \quad (142)$$

donde:

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

T_e : temperatura de ruido térmico del sistema receptor (K), en el terminal de la antena receptora (véase el § 2.1 de este Anexo)

N_L : contribución de ruido del enlace (véase el § 2.2 de este Anexo)

B : anchura de banda de referencia (Hz), es decir, la anchura de banda en la estación receptora que está sujeta a interferencia y en la cual se puede promediar la potencia de la emisión interferente

- p : porcentaje de tiempo durante el cual la interferencia de una fuente puede rebasar el valor de potencia de interferencia admisible; como no es probable que las entradas de interferencia se produzcan simultáneamente:
 $p = p_0/n$
- p_0 : porcentaje de tiempo durante el cual la interferencia de todas las fuentes puede rebasar el valor umbral
- n : número de nivel igual equivalente, entradas de interferencia de probabilidad igual, que se supone no están correlacionadas durante pequeños porcentajes del tiempo
- M_s : margen de funcionamiento del enlace (dB) (véase el § 2.3 de este Anexo)
- W : factor de equivalencia de ruido térmico (dB) para emisiones interferentes en la anchura de banda de referencia. Es positivo cuando las emisiones interferentes causen más degradación que el ruido térmico (véase el § 2.4 de este Anexo).

En algunos casos, una administración puede tener motivos para considerar que, para su estación terrena receptora, puede estar justificada una desviación con respecto a los valores asociados con la estación terrena, enumerados en el Cuadro 15. Se señala que para determinados sistemas, las anchuras de banda B o, por ejemplo, en el caso de sistemas con asignación a petición, puede ser necesario variar los porcentajes de tiempo p y p_0 con respecto a los valores indicados en el Cuadro 15.

2.1 Cálculo de la temperatura de ruido del sistema receptor

La temperatura de ruido (K) del sistema receptor, referida a los terminales de salida de la antena receptora, puede ser determinada (a menos que se indique específicamente en el Cuadro 14) a partir de:

$$T_e = T_a + (\ell_{t1} - 1) 290 + \ell_{t1} T_r \quad \text{K} \quad (143)$$

donde:

- T_a : contribución de temperatura de (K) ruido de la antena receptora
- ℓ_{t1} : valor numérico de la pérdida en la línea de transmisión (por ejemplo, un guiaondas) entre el terminal de la antena y la unidad frontal del receptor
- T_r : temperatura de ruido (K) de la unidad frontal del receptor, incluidas todas las etapas sucesivas.

Para receptores de relevadores radioeléctricos y cuando no se conoce la pérdida debida al guiaondas de una estación terrena receptora, se utiliza un valor de $\ell_{t1} = 1,0$.

Cuando se determinan los contornos de coordinación entre dos estaciones terrenas que funcionan en el sentido de transmisión opuesto, se deben utilizar las siguientes temperaturas de ruido del sistema receptor de la estación terrena, si no se proporciona el valor en el Cuadro 16. Esta hipótesis es necesaria porque la estación terrena receptora toma el lugar de la estación terrenal receptora en los cálculos.

CUADRO 13

Gama de frecuencias (GHz)	T_e (K)
$f < 10$	75
$10 < f < 17$	150
$f > 17$	300

2.2 Determinación del factor N_L

El factor N_L es la contribución de ruido al enlace. En el caso de un transpondedor de satélite, incluye el ruido del enlace ascendente, la intermodulación, etc. En ausencia de indicación en el Cuadro, se supone:

$$\begin{aligned} N_L &= 1 \text{ dB} && \text{para enlaces fijos por satélite} \\ &= 0 \text{ dB} && \text{para enlaces terrenales} \end{aligned}$$

2.3 Determinación del factor M_s

El factor M_s es el factor por el cual habría que aumentar el ruido del enlace con condiciones de cielo despejado para igualar la potencia de interferencia admisible.

2.4 Determinación del factor W

El factor W (dB) es el nivel de la potencia de ruido térmico de radiofrecuencia con respecto a la potencia recibida de una emisión interferente que, en lugar de la anterior y contenida en la misma anchura de banda (de referencia), produciría la misma interferencia (por ejemplo, un aumento en la potencia de ruido del canal vocal o vídeo, o de la proporción de bits erróneos). El factor W generalmente depende de las características de las señales deseada e interferente.

Cuando la señal deseada es digital, W suele ser igual o menor que 0 dB, prescindiendo de las características de la señal interferencia.

3 Ganancia de antena hacia el horizonte para una estación terrena receptora con respecto a una estación terrena transmisora

Para determinar la zona de coordinación de una estación terrena transmisora con respecto a una estación terrena receptora en una banda atribuida bidireccionalmente, es necesario calcular la ganancia de antena hacia el horizonte de la estación terrena desconocida. Cuando la estación terrena receptora desconocida funciona con satélites geoestacionarios, el Cuadro 16 proporciona los parámetros necesarios de la estación terrena receptora para el procedimiento de cálculo, que se describe en el § 2.1 del Apéndice 6 al Anexo 1.

Cuando la estación terrena receptora desconocida funciona con satélites no geoestacionarios, se proporciona en el Cuadro 16 la ganancia de antena hacia el horizonte que se ha de utilizar para todos los acimutes. Los valores tabulados se determinan utilizando el método descrito en el § 2.2.1 del Anexo 1, que utiliza los valores de antena máximo y mínimo de ganancia de antena hacia el horizonte. A estos efectos, la ganancia de antena hacia el horizonte máxima es la ganancia de la antena para el ángulo fuera del eje igual al ángulo de elevación de funcionamiento mínimo. La ganancia de antena hacia el horizonte mínima es la ganancia en grandes ángulos fuera del eje, usualmente más de 36° ó 48°.

Al determinar los valores de ganancia de antena hacia el horizonte con el método TIG del Cuadro 16, la diferencia entre las ganancias hacia el horizonte máxima y mínima no excedió de 30 dB. En consecuencia, la ganancia de antena hacia el horizonte obtenida con el método TIG se consideró como la menor de las ganancias hacia el horizonte máximas o 20 dB más que la ganancia de antena hacia el horizonte mínima. Para determinar la ganancia de antena hacia el horizonte TIG, se utilizó el diagrama de radiación de antena de referencia del § 3 del Apéndice 3 al Anexo 1, salvo en los casos indicados en los Cuadros, cuando se consideró que era más adecuado utilizar un diagrama diferente.

CUADRO 14a

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena transmisora

Designación del servicio de radiocomunicación de la estación espacial transmisora	Móvil por satélite	Móvil por satélite, operaciones espaciales	Exploración de la Tierra por satélite, meteorología por satélite	Operaciones espaciales	Investigación espacial, operaciones espaciales	Móvil por satélite	Operaciones espaciales	Móvil por satélite, radio-determinación por satélite	Móvil por satélite	Móvil por satélite	Operaciones espaciales, investigación espacial	Móvil por satélite	Investigación espacial, exploración de la Tierra por satélite					
Bandas de frecuencias (MHz)	121,45-121,55	148,0-149,9	401-403	433,75-434,25	449,75-450,25	806-840	1 427-1 429	1 610-1 626,5	1 675-1 700	1 675-1 710	1 750-1 850	1 980-2 025	2 025-2 110 2 110-2 120 (Espacio lejano)					
Designación del servicio terrenal receptor	Móvil aeronáutico	Fijo, móvil	Fijo, móvil, ayudas a la meteorología	Aficionados, radio-localización, fijo, móvil	Fijo, móvil, radio-localización	Fijo, móvil, radiodifusión, radionavegación aeronáutica	Fijo, móvil	Radio-navegación aeronáutica, radioastronomía	Ayudas a la meteorología	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil					
Método que se ha de utilizar	§ 1.4.7	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 1.4.6	§ 2.1, § 2.2	§ 1.4.6	§ 1.4.6	§ 1.4.6	§ 2.1, § 2.2	§ 1.4.6	§ 2.1, § 2.2					
Modulación en la estación terrenal ⁽¹⁾	A N	A	A N		A y N	A y N	A N		A N	A N	A N	A N	A					
Criterios y parámetros de interferencia de estación terrenal	P_0 (%)		1,0			0,01	0,01	0,01	0,01			0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01
	n		1			2	2	2	2			2	2	2	2	2		2
	p (%)		1,0			0,005	0,005	0,005	0,005			0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		0,005
	N_L (dB)		-			0	0	0	0			0	0	0	0	0		0
	M_s (dB)		-			20	20	33	33			33	33	33	33	26 ⁽²⁾		26 ⁽²⁾
Parámetros de estación terrenal	G_x (dBi) ⁽³⁾		8			16	16	33	33			35	35	35	35	49 ⁽²⁾		49 ⁽²⁾
	T_e (K)		-			750	750	750	750			750	750	750	750	500 ⁽²⁾		500 ⁽²⁾
Anchura de banda de referencia	B (Hz)		4×10^3			$12,5 \times 10^3$	$12,5 \times 10^3$	4×10^3	10^6			4×10^3	10^6	4×10^3	10^6	4×10^3		4×10^3
Potencia de interferencia admisible	$P_r(p)$ (dBW) en B		-153			-139	-139	-131	-107			-131	-107	-131	-107	-140		-140

(1) A: modulación analógica; N: modulación digital.

(2) Se han utilizado los parámetros para la estación terrenal asociados con sistemas transhorizonte. Para determinar un contorno suplementario cabe utilizar también los parámetros de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa asociados con la banda de frecuencias 1 675-1 710 MHz.

(3) No se incluyen las pérdidas de enlaces de conexión.

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena transmisora

Designación del servicio de radiocomunicación de la estación espacial transmisora	Fijo por satélite, móvil por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Operaciones espaciales, investigación espacial	Fijo por satélite, móvil por satélite, meteorología por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾	Fijo por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾
Bandas de frecuencias (GHz)	2,655-2,690	5,091-5,150	5,725-5,850	5,725-7,075	7,100-7,235 ⁽⁵⁾	7,900-8,400	10,7-11,7	12,5-14,8	13,75-14,3	15,43-15,65	17,7-18,4	19,3-19,7	
Designación del servicio terrenal receptor	Fijo, móvil	Radio-navegación aeronáutica	Radio-localización	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Radiocalización, radio-navegación	Radio-navegación aeronáutica	Fijo, móvil	Fijo, móvil	
Método que se ha de utilizar	§ 2.1		§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1, § 2.2			§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	
Modulación en la estación terrenal ⁽¹⁾	A			A, N	A, N	A, N	A, N	A, N	A, N	A, N		N, N	
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrenal	p_0 (%)	0,01		0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,01, 0,005	0,005, 0,005	
	n	2		2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	2, 2	
	p (%)	0,005		0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,005, 0,0025	0,0025, 0,0025	
	N_L (dB)	0		0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
	M_s (dB)	26 ⁽²⁾		33, 37	33, 37	33, 37	33, 37	33, 37	33, 40	33, 40	33, 40	25, 25	
	W (dB)	0		0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	0, 0	
Parámetros de estación terrenal	G_x (dBi) ⁽⁴⁾	49 ⁽²⁾	6	46, 46	46, 46	46, 46	46, 46	46, 46	50, 50	52, 52	52, 52	48, 48	
	T_e (K)	500 ⁽²⁾		750, 750	750, 750	750, 750	750, 750	750, 750	1 500, 1 100	1 500, 1 100	1 500, 1 100	1 100, 1 100	
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	4×10^3	150×10^3	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$4 \times 10^3, 10^6$	$10^6, 10^6$	
Potencia de interferencia admisible	$P_{i,p}$ (dBW) en B	-140	-160	-131, -103	-131, -103	-131, -103	-131, -103	-131, -103	-128, -98	-128, -98	-128, -98	-113, -113	

(1) A: modulación analógica; N: modulación digital.

(2) Se han utilizado los parámetros para la estación terrenal asociados con sistemas transhorizonte. Cabe utilizar también los parámetros de relevadores radioeléctricos asociados con el servicio fijo en la banda de frecuencias 5 725-7 075 MHz para determinar un contorno suplementario, con la excepción que $G_x = 37$ dBi.

(3) Enlaces de conexión de sistemas de satélites no geoestacionarios en el servicio móvil por satélite.

(4) No se incluyen las pérdidas de enlaces de conexión.

(5) Las bandas de frecuencias reales son 7 100-7 155 MHz y 7 190-7 235 MHz para el servicio de operaciones espaciales y 7 145-7 235 MHz para el servicio de investigación espacial.

CUADRO 14c

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena transmisora

Designación del servicio de radiocomunicación de la estación espacial transmisora	Fijo por satélite	Fijo por satélite ⁽²⁾	Fijo por satélite ⁽³⁾	Investigación espacial	Exploración de la Tierra por satélite, investigación espacial	Fijo por satélite, móvil por satélite, radionavegación por satélite	Fijo por satélite ⁽²⁾	Fijo por satélite, móvil por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite
Bandas de frecuencias (GHz)	24,75-25,25 27,0-29,5	28,6-29,1	29,1-29,5	34,2-34,7	40,0-40,5	42,5-51,4	47,2-50,2	71,0-75,5	92,0-94,0	94,1-95,0
Designación del servicio terrenal receptor	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radio-localización	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radionavegación radioastronomía	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radiolocalización	Fijo, móvil, radiolocalización
Método que se ha de utilizar	§ 2.1	§ 2.2	§ 2.2		§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2
Modulación en la estación terrenal ⁽¹⁾	N	N	N		N	N	N	N	N	N
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrenal	P_0 (%)	0,005	0,005	0,005		0,005	0,005	0,001	0,002	0,002
	n	1	2	1		1	1	1	2	2
	p (%)	0,005	0,0025	0,005		0,005	0,005	0,001	0,001	0,001
	N_L (dB)	0	0	0		0	0	0	0	0
	M_s (dB)	25	25	25		25	25	25	25	25
	W (dB)	0	0	0		0	0	0	0	0
Parámetros de estación terrenal	G_x (dBi) ⁽⁴⁾	50	50	50		42	42	46	45	45
	T_e (K)	2 000	2 000	2 000		2 600	2 600	2 000	2 000	2 000
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	10^6	10^6	10^6		10^6	10^6	10^6	10^6	10^6
Potencia de interferencia admisible	$P_i(p)$ (dBW) en B	-111	-111	-111		-110	-110	-111	-111	-111

(1) A: modulación analógica; N: modulación digital.

(2) Servicio fijo por satélite no OSG.

(3) Enlaces de conexión al servicio móvil por satélite no OSG.

(4) No se incluyen las pérdidas de enlaces de conexión.

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena receptora

Designación del servicio de radiocomunicación espacial receptor	Operaciones espaciales, investigación espacial	Meteorología por satélite, móvil por satélite	Investigación espacial	Investigación espacial, operaciones espaciales	Operaciones espaciales	Móvil por satélite	Meteorología por satélite	Móvil por satélite	Investigación espacial, operaciones espaciales	Operaciones espaciales	Meteorología por satélite, exploración de la Tierra por satélite	Operaciones espaciales	Radio-difusión por satélite	Móvil por satélite	Radiodifusión por satélite (DAB)	Móvil por satélite, móvil terrestre por satélite, móvil marítimo por satélite
Bandas de frecuencias (MHz)	137-138	137-138	143,6-143,65	174-184	163-167 272-273 ⁽⁵⁾	335,4-399,9	400,15-401	400,15-401	400,15-401	401-402	460-470	549,75-550,25	620-790	856-890	1 452-1 492	1 492-1 530 1 555-1 559 2 160-2 200 ⁽¹⁾
Designación del servicio terrenal transmisor	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radiocalización	Fijo, móvil, radiodifusión	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Ayudas a la meteorología	Ayudas a la meteorología	Ayudas a la meteorología	Ayudas a la meteorología, fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radiodifusión	Fijo, móvil, radiodifusión	Fijo, móvil, radiodifusión	Fijo, móvil, radiodifusión	Fijo, móvil
Método que se ha de utilizar	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 1.4.6	§ 1.4.6	§ 1.4.6	–	§ 2.1	§ 2.1	§ 2.1	§ 1.4.5	§ 1.4.6	§ 1.4.5	§ 1.4.6
Modulación en la estación terrena ⁽²⁾	N		N		N				N	N					N	N
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena	p_0 (%)	0,1	0,1			1,0			0,012		0,1	0,1				10
	n	2		2		1			1		2	2				1
	p (%)	0,05		0,05		1,0			0,012		0,05	0,05				10
	N_L (dB)	0		0		0			0		0	0				0
	M_s (dB)	1		1		1			4,3		1	1				1
	W (dB)	0		0		0			0		0	0				0
Parámetros de estación terrenal	E (dBW) en B ⁽³⁾	A	–	–		15			–	–	5				38	37 ⁽⁴⁾
		N	–	–		15			–	–	5				38	37
	P_t (dBW) en B	A	–	–		–1			–	–	–11				3	0
		N	–	–		–1			–	–	–11				3	0
	G_x (dBi)	–		–		16			–	–	16				35	37
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	1	1		10^3		$177,5 \times 10^3$		1	1	85				25×10^3	4×10^3
Potencia de interferencia admisible	$P_f(p)$ (dBW) en B	–199		–199		–173		–148		–208	–208	–178				–176

(1) En estas bandas se han usado los parámetros de estación terrenal de sistemas de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa. Si una administración estima que en las bandas 2 160-2 200 MHz y 24 835-25 200 MHz hay que considerar los sistemas transhorizonte, se pueden utilizar los parámetros asociados con la banda de frecuencias 2 500-2 690 MHz para determinar la zona de coordinación.

(2) A: modulación analógica; N: modulación digital.

(3) E se define como la potencia radiada isotrópica equivalente de la estación terrena interferente en la anchura de banda de referencia.

(4) Este valor se reduce del valor nominal de 50 dBW para determinar la zona de coordinación, reconociendo la baja probabilidad de que emisiones de alta potencia caigan totalmente dentro de la anchura de banda relativamente pequeña de la estación terrena.

(5) Los parámetros del servicio fijo proporcionados en la columna para 163-167 MHz y 272-273 MHz sólo son aplicables a la banda 163-167 MHz.

CUADRO 15b

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para estación terrena receptora

Designación del servicio de radiocomunicación espacial receptor	Operaciones espaciales (OSG y no OSG)	Radio-navegación por satélite	Meteo-rología por satélite (no OSG)	Meteorología por satélite (OSG)	Investigación espacial cerca de la Tierra (no OSG y OSG)		Investigación espacial, espacio lejano (no OSG)	Operaciones espaciales (no OSG y OSG)	Exploración de la Tierra por satélite (OSG)	Radiodifusión por satélite	Móvil por satélite, radiodeterminación por satélite	Fijo por satélite, radiodifusión por satélite		Fijo por satélite			
					No tripulado	Tripulado											
Bandas de frecuencias (GHz)	1,525-1,535	1,559-1,610	1,670-1,710	1,670-1,710	1,700-1,710 2,200-2,290		2,290-2,300	2,200-2,290	2,200-2,290	2,310-2,360	2,4835-2,500	2,500-2,690		3,400-4,200			
Designación del servicio terrenal transmisor	Fijo	Fijo	Fijo, móvil, ayudas a la meteorología	Fijo, móvil, ayudas a la meteorología	Fijo, móvil		Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil, radiolocalización	Fijo, móvil, radiolocalización	Fijo, móvil, radiolocalización		Fijo, móvil			
Método que se ha de utilizar	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1	§ 2.2 y (1)	§ 2.1 y (1)	§ 2.1, § 2.2		§ 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1	§ 1.4.5	§ 1.4.6	§ 1.4.5 y § 2.1		§ 2.1			
Modulación en la estación terrena ⁽²⁾	N		N	N	N		N	N	N		N	A	N	A	N		
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena	p_0 (%)	1,0		0,006	0,011	0,1	0,001	0,001	1,0	1,0		10	0,03	0,003	0,03	0,005	
	n	1		3	2	2	1	1	2	2		1	3	3	3	3	
	p (%)	1,0		0,002	0,0055	0,05	0,001	0,001	0,5	0,5		10	0,01	0,001	0,01	0,0017	
	N_L (dB)	0		0	0	0		0	0			0	1	1	1	1	
	M_s (dB)	1		2,8	0,9	1		0,5	1			1	7	2	7	2	
	W (dB)	0		0	0	0		0	0			0	4	0	4	0	
Parámetros de estación terrenal	E (dBW) en $B^{(3)}$	A	50		92 ⁽⁴⁾	92 ⁽⁴⁾	-27 ⁽⁴⁾ , ⁽⁵⁾		-27 ⁽⁵⁾	72	72 ⁽⁴⁾		37	72 ⁽⁴⁾	72 ⁽⁴⁾	55	55
		N	37		-	-	-27		-27	76	76		37	76	76	42	42
	P_t (dBW) en B	A	13		40 ⁽⁴⁾	40 ⁽⁴⁾	-71 ⁽⁴⁾ , ⁽⁵⁾		-71 ⁽⁵⁾	28	28 ⁽⁴⁾		0	28 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾	13	13
		N	0		-	-	-71		-71	32	32		0	32	32	0	0
	G_x (dBi)		37		52	52	44		44	44	44		37	44	44	42	42
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	10^3		10^6	4×10^3	1		1	10^6	10^6		4×10^3	10^6	10^6	10^6	10^6	
Potencia de interferencia admisible	$P_r(p)$ (dBW) en B	-184		-142	-177	-216		-222	-154	-154		-176					

Notas relativas al Cuadro 15b:

- (1) En la banda 1 670-1 700 MHz se requiere un contorno adicional para coordinación con el servicio de ayudas a la meteorología:

Para la distancia de coordinación, d (km), en relación con las estaciones terrenas fijas del servicio de meteorología por satélite con respecto a las estaciones del servicio de ayudas a la meteorología, se supone una altitud de la radiosonda de 20 km y dicha distancia se determina en función del ángulo de elevación sobre el horizonte físico, ϵ_h (grados), para cada acimut, de la siguiente manera:

$$d = \begin{cases} 582 \left(\sqrt{1 + (0,254 \epsilon_h)^2} - 0,254 \epsilon_h \right) & \text{para } \epsilon_h > 0 \\ 582 & \text{para } \epsilon_h \leq 0 \end{cases}$$

Las distancias de coordinación mínima y máxima son $(100 - f(\text{GHz})/2)$ km y 582 km, y se producen en ángulos sobre el horizonte físico superiores a 11° e inferiores a 0° .

- (2) A: modulación analógica; N: modulación digital.
- (3) E se define como la potencia radiada isotrópica equivalente de la estación terrenal interferente en la anchura de banda de referencia.
- (4) En esta banda se han usado los parámetros para las estaciones terrenas asociadas con sistemas transhorizonte. Si una administración estima que no es necesario considerar los sistemas transhorizonte, se puede utilizar los parámetros de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa asociados con la banda de frecuencias 3,4-4,2 GHz para determinar la zona de coordinación, con la excepción de que $E = 50$ dBW para estaciones terrenas analógicas, y $G_x = 37$ dBi. Sin embargo, sólo para el servicio de investigación espacial, de acuerdo con la Nota⁽⁵⁾ cuando no se consideran los sistemas transhorizonte, $E = 20$ dBW y $P_t = -17$ dBW para estaciones terrenas analógicas, $E = -23$ dBW y $P_t = -60$ dBW para estaciones terrenas digitales; y $G_x = 37$ dBi.
- (5) Estos valores se estiman para una anchura de banda de 1 Hz y están 30 dB por debajo de la potencia total supuesta para la emisión.

CUADRO 15c

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena receptora

Designación del servicio de radiocomunicación espacial receptor	Fijo por satélite		Fijo por satélite, radiodeterminación por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite		Meteorología por satélite ^{(7), (8)}	Meteorología por satélite ⁽⁹⁾	Exploración de la Tierra por satélite ⁽⁷⁾	Exploración de la Tierra por satélite ⁽⁹⁾	Investigación espacial ⁽¹⁾		Fijo por satélite		Radiodifusión por satélite		Fijo por satélite ⁽⁹⁾	Radiodifusión por satélite	Fijo por satélite ⁽⁷⁾		
	Espacio lejano																				
Bandas de frecuencias (GHz)	4,500-4,800		5,150-5,216	6,700-7,075	7,250-7,750		7,450-7,550	7,750-7,850	8,025-8,400	8,025-8,400	8,400-8,450	8,450-8,500	10,7-12,75		12,5-12,75 ⁽¹²⁾		15,4-15,7	17,7-17,8	17,7-18,8 19,3-19,7		
Designación del servicio terrenal transmisor	Fijo, móvil		Radio-navegación aeronáutica	Fijo, móvil	Fijo, móvil		Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil		Fijo, móvil		Fijo, móvil		Radionavegación aeronáutica	Fijo	Fijo, móvil		
Método que se ha de utilizar	§ 2.1		§ 2.1	§ 2.2	§ 2.1		§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	§ 2.1	§ 2.2	§ 2.2		§ 2.1, § 2.2		§ 1.4.5			§ 1.4.5	§ 2.1		
Modulación en la estación terrena ⁽¹⁾	A	N		N	A	N	N	N	N	N	N	N	A	N	A	N	-		N		
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena	p_0 (%)	0,03	0,005		0,005	0,03	0,005	0,002	0,001	0,083	0,011	0,001	0,1	0,03	0,003	0,03	0,003	0,003		0,003	
	n	3	3		3	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2		2	
	p (%)	0,01	0,0017		0,0017	0,01	0,0017	0,001	0,0005	0,0415	0,0055	0,001	0,05	0,015	0,0015	0,03	0,003	0,0015		0,0015	
	N_L (dB)	1	1		1	1	1	-	-	1	0	0	0	1	1	1	1	1		1	
	M_s (dB)	7	2		2	7	2	-	-	2	4,7	0,5	1	7	4	7	4	4		6	
	W (dB)	4	0		0	4	0	-	-	0	0	0	0	4	0	4	0	0		0	
Parámetros de estación terrenal	E (dBW) en B ⁽²⁾	A	92 ⁽³⁾	92 ⁽³⁾		55	55	55	55	55	55	25 ⁽⁵⁾	25 ⁽⁵⁾	40	40	55	55			35	
		N	42 ⁽⁴⁾	42 ⁽⁴⁾		42	42	42	42	42	42	42	-18	-18	43	43	42	42		40	40
	P_t (dBW) en B	A	40 ⁽³⁾	40 ⁽³⁾		13	13	13	13	13	13	13	-17 ⁽⁵⁾	-17 ⁽⁵⁾	-5	-5	10	10			-10
		N	0	0		0	0	0	0	0	0	0	-60	-60	-2	-2	-3	-3			-7
	G_x (dBi)		52 ^{(3), (4)}	52 ^{(3), (4)}		42	42	42	42	42	42	42	42	42	45	45	45	45			47
Anchura de banda de referencia ⁽⁶⁾	B (Hz)	10 ⁶	10 ⁶		10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	1	1	10 ⁶	10 ⁶	27 × 10 ⁶	27 × 10 ⁶			10 ⁶	
Potencia de interferencia admisible	$P_r(p)$ (dBW) en B				-151,2			-125	-125	-154 ⁽¹¹⁾	-142	-220	-216			-131	-131				

Notas relativas al Cuadro 15c:

- (1) A: modulación analógica; N: modulación digital.
- (2) E se define como la potencia radiada isótropa equivalente de la estación terrenal interferente en la anchura de banda de referencia.
- (3) En esta banda se han usado los parámetros para las estaciones terrenales asociadas con sistemas transhorizonte. Si una administración estima que no es necesario considerar los sistemas transhorizonte, se puede utilizar los parámetros de relevadores radioeléctricos de visibilidad directa asociados con la banda de frecuencias 3,4-4,2 GHz para determinar la zona de coordinación.
- (4) Se supone que los sistemas digitales no son transhorizonte. Por tanto, $G_x = 42,0$ dBi. Para sistemas transhorizonte digitales, se han utilizado en esta banda los parámetros para sistemas transhorizonte analógicos.
- (5) Estos valores se estiman para una anchura de banda de 1 Hz y están 30 dB por debajo de la potencia total supuesta para emisión.
- (6) En algunos sistemas del servicio fijo por satélite puede ser conveniente elegir una anchura de banda de referencia B mayor. Sin embargo, una anchura de banda mayor producirá distancias de coordinación más pequeñas y una decisión ulterior para reducir la anchura de banda de referencia puede requerir una nueva coordinación de la estación terrena.
- (7) Sistemas de satélites OSG.
- (8) Los satélites meteorológicos no OSG notificados de acuerdo con el número 5.461A del RR pueden utilizar los mismos parámetros de coordinación.
- (9) Sistemas de satélites no OSG.
- (10) Las estaciones terrenales del servicio de investigación espacial en la banda 8,4-8,5 GHz funcionan con satélites no OSG.
- (11) Para estaciones terrenales grandes: $P_r(p) = (G - 180)$ dBW
 Para estaciones terrenales pequeñas: $P_r(20\%) = 2(G - 26) - 140$ dBW para $26 < G \leq 29$ dBi
 $P_r(20\%) = G - 163$ dBW para $G > 29$ dBi
 $P_r(p)\% = G - 163$ dBW para $G \leq 26$ dBi
- (12) Se aplica al servicio de radiodifusión por satélite en bandas no planificadas en la Región 3.

CUADRO 15d

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena receptora

Designación del servicio de radiocomunicación espacial receptor	Meteorología por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾	Radio-difusión por satélite	Exploración de la Tierra por satélite ⁽⁴⁾	Exploración de la Tierra por satélite ⁽⁵⁾	Investigación espacial (espacio lejano)	Investigación espacial		Fijo por satélite ⁽⁶⁾	Fijo por satélite ⁽⁵⁾	Móvil por satélite	Radiodifusión por satélite, fijo por satélite	Móvil por satélite	Radio-navegación	Radio-difusión por satélite
								No tripulado	Tripulado							
Bandas de frecuencias (GHz)	18,1-18,3	18,8-19,3	19,3-19,7	21,4-22,0	25,5-27,0	25,5-27,0	31,8-32,3	37,0-38,0		37,5-40,5	37,5-40,5	39,5-40,5	40,5-42,5	43,5-47,0	43,5-47,0	84-86
Designación del servicio terrenal transmisor	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, radio-navegación	Fijo, móvil		Fijo, móvil	Fijo, móvil	Fijo, móvil	Radiodifusión, fijo	Móvil	Móvil	Fijo, móvil, radio-difusión
Método que se ha de utilizar	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2	§ 2.2	§ 1.4.5	§ 2.2	§ 2.1	§ 2.1, § 2.2	§ 2.1, § 2.2		§ 2.2	§ 2.1	§ 1.4.6	§ 1.4.5, § 2.1	§ 1.4.6	–	§ 1.4.5
Modulación en la estación terrena ⁽¹⁾	N	N	N		N	N	N	N		N	N	N	–	N		
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena	p_0 (%)		0,003	0,01		0,25	0,25	0,001	0,1	0,001	0,02	0,003				
	n		2	1		2	2	1	1	1		2				
	p (%)		0,0015	0,01		0,125	0,125	0,001	0,1	0,001		0,0015				
	N_L (dB)		0	0		0	0	0	0		1	1				
	M_s (dB)		5	5		11,4	14	1	1		6,8	6				
	W (dB)		0	0		0	0	0		0	0					
Parámetros de estación terrenal	E (dBW) en $B^{(2)}$	A	–	–		–	–	–	–		–	–	–	–	–	–
		N	40	40	40	40	42	42	–28	–28	35	35	35	44	40	40
	P_t (dBW) en B	A	–	–		–	–	–	–		–	–	–	–	–	–
		N	–7	–7	–7	–7	–3	–3	–81	–73	–10	–10	–10	–1	–7	–7
G_x (dBi)		47	47	47	47	45	45	53		45	45	45	45	47	47	
Anchura de banda de referencia	B (Hz)		10^6	10^6		10^7	10^7	1		1	10^6	10^6	10^6			
Potencia de interferencia admisible	$P_f(p)$ (dBW) en B		–140	–137		–120	–116	–216		–217	–140					

(1) A: modulación analógica; N: modulación digital.

(2) E se define como la potencia radiada isotropa equivalente de la estación terrenal interferente en la anchura de banda de referencia.

(3) Enlaces de conexión del servicio móvil por satélite no OSG.

(4) Sistemas de satélites no OSG.

(5) Sistemas de satélites OSG.

(6) Sistemas del servicio fijo por satélite no OSG.

CUADRO 16a

**Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena transmisora
en bandas compartidas bidireccionalmente con estaciones terrenas receptoras**

Designación del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena transmisora	Móvil terrestre por satélite	Móvil por satélite	Móvil terrestre por satélite	Exploración de la Tierra por satélite, meteorología por satélite	Móvil por satélite		Móvil por satélite		Fijo por satélite, móvil por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾					
										Fijo por satélite	Fijo por satélite, meteorología por satélite	Fijo por satélite			
Bandas de frecuencias (GHz)	0,1499-0,15005	0,272-0,273	0,3999-0,40005	0,401-0,402	1,675-1,710		1,700-1,710		2,655-2,690	5,150-5,216			6,700-7,075	8,025-8,400	8,025-8,400
Designación del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena receptora	Radionavegación por satélite	Operaciones espaciales	Radionavegación por satélite	Operaciones espaciales	Meteorología por satélite		Investigación espacial cerca de la Tierra		Fijo por satélite, radiodifusión por satélite	Fijo por satélite	Radiodeterminación por satélite	Fijo por satélite	Exploración de la Tierra por satélite	Exploración de la Tierra por satélite	
							No tripulado ⁽¹⁰⁾	Tripulado							
Órbita ⁽⁶⁾		No OSG		No OSG	No OSG	OSG	No OSG			No OSG		No OSG	No OSG	OSG	
Modulación en la estación terrena receptora ⁽¹⁾		N		N	N	N	N	N				N	N	N	
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena receptora	p_0 (%)		1,0		0,1	0,006	0,011	0,1	0,001			0,005	0,011	0,083	
	n		1		2	3	2	2	1			3	2	2	
	p (%)		1,0		0,05	0,002	0,0055	0,05	0,001			0,0017	0,0055	0,0415	
	N_L (dB)	0	0	0	0	0	0	0	0			1	0	1	
	M_s (dB)	2	1	2	1	2,8	0,9	1	1	2	2	2	2	4,7	2
	W (dB)	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	
Parámetros de estación terrena receptora	G_m (dBi) ⁽²⁾	0	20	0	20	30	45				48,5		50,7		
	G_r (dBi) ⁽⁴⁾	0	19	0	19	19 ⁽⁹⁾	(8)	10	10		10		10	10	(8)
	ϵ_{min} ⁽⁵⁾	3°	10°	3°	10°	5°	3°	5°	5°	3°	3°	3°	3°	5°	3°
	T_e (K) ⁽⁷⁾	200	500	200	500	370	118			75	75	75	75		
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	4×10^3	10^3	4×10^3	1	10^6	4×10^3	1	1				10^6	10^6	10^6
Potencia de interferencia admisible	$P_r(p)$ (dBW) en B	-172	-177	-172	-208	-145	-178	-216	-216				-151	-142	-154

Notas relativas al Cuadro 16a:

- (1) A: modulación analógica; N: modulación digital.
- (2) Ganancia en el eje de la antena de estación terrena receptora.
- (3) Enlaces de conexión de sistemas de satélites no OSG en el servicio móvil por satélite.
- (4) Ganancia de la antena hacia el horizonte para la estación terrena receptora (véase el § 3 del Anexo 1).
- (5) Ángulo de elevación mínimo de funcionamiento en grados (no OSG u OSG).
- (6) Órbita del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena receptora (no OSG u OSG).
- (7) La temperatura de ruido térmico del sistema receptor en el terminal de la antena receptora (con condiciones de cielo despejado). Para los valores que faltan, véase el § 1.1 del Anexo 2.
- (8) La ganancia hacia el horizonte se calcula utilizando el procedimiento del Apéndice 6 al Anexo 1. Cuando no se especifique ningún valor de G_m , se utilizará un valor de 42 dBi.
- (9) La ganancia TIG hacia el horizonte, $G_e = G_{min} + 20$ dB (véase el § 2.2.1), con $G_{min} = 10 - 10 \log(D/\lambda)$, $D/\lambda = 13$ (para la definición de símbolos, véase el Apéndice 3 al Anexo 1).
- (10) La investigación espacial no tripulada no es un servicio de radiocomunicaciones distinto, y los parámetros de sistema sólo se utilizan para la generación de contornos suplementarios.

CUADRO 16b

Parámetros requeridos para determinar la distancia de coordinación para una estación terrena transmisora en bandas compartidas bidireccionalmente con estaciones terrenas receptoras

Designación del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena transmisora	Fijo por satélite			Fijo por satélite			Fijo por satélite ⁽³⁾	Fijo por satélite	Fijo por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾	Fijo por satélite ⁽³⁾	Exploración de la Tierra por satélite, investigación espacial		
	10,7-11,7			12,5-12,75			15,43-15,65	17,3-17,8	17,7-18,4	19,3-19,6	19,3-19,6	40,0-40,5		
Designación del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena receptora	Fijo por satélite			Fijo por satélite			Fijo por satélite ⁽³⁾	Radio-difusión por satélite	Fijo por satélite, meteorología por satélite	Fijo por satélite ⁽³⁾	Fijo por satélite ⁽⁴⁾	Fijo por satélite, móvil por satélite		
	OSG		No OSG	OSG		No OSG	No OSG		OSG	No OSG	OSG	OSG	No OSG	
Modulación en la estación terrena receptora ⁽¹⁾	A	N	N	A	N			N	N					
Parámetros y criterios de interferencia de estación terrena receptora	p_0 (%)	0,03	0,003		0,03	0,003		0,003		0,003	0,01	0,003	0,003	
	n	2	2		2	2		2		2	1	2	2	
	p (%)	0,015	0,0015		0,015	0,0015		0,0015		0,0015	0,01	0,0015	0,0015	
	N_L (dB)	1	1		1	1		1		1	0	1	1	
	M_s (dB)	7	4		7	4		4		6	5	6	6	
	W (dB)	4	0		4	0		0		0	0	0	0	
Parámetros de estación terrena receptora	G_m (dBi) ⁽²⁾			51,9			31,2	48,4		58,6	53,2	49,5	50,8	54,4
	G_r ⁽⁵⁾	(9)	(9)	10	(9)	(9)	11 ⁽¹¹⁾	10		(9)	10	(10)	(9)	7 ⁽¹²⁾
	ϵ_{min} ⁽⁶⁾	5°	5°	6°	5°	5°	10°	5°		5°	5°	10°	10°	10°
	T_e (K) ⁽⁸⁾	150	150		150	150		150		300	300	300	300	
Anchura de banda de referencia	B (Hz)	10 ⁶	10 ⁶		10 ⁶	10 ⁶		2 × 10 ⁶		10 ⁶	10 ⁶			
Potencia de interferencia admisible	$P_{r,p}$ (dBW) en B	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-141		-138	-141			

Notas relativas al Cuadro 16b:

- (1) A: modulación analógica; N: modulación digital.
 - (2) Ganancia en el eje de la antena de estación terrena receptora.
 - (3) Enlaces de conexión de sistemas de satélites no OSG en el servicio móvil por satélite.
 - (4) Sistemas de satélites OSG.
 - (5) Ganancia de la antena hacia el horizonte para la estación terrena receptora (véase el § 3 del Anexo 1).
 - (6) Ángulo de elevación mínimo de funcionamiento en grados (no OSG u OSG).
 - (7) Órbita del servicio espacial en el cual funciona la estación terrena receptora (OSG o no OSG).
 - (8) La temperatura de ruido térmico del sistema receptor en el terminal de la antena receptora (con condiciones de cielo despejado). Para los valores que faltan, véase el § 1.1 del Anexo 2.
 - (9) La ganancia de la antena hacia el horizonte se calcula utilizando el procedimiento del Apéndice 6 al Anexo 1. Cuando no se especifique ningún valor de G_m , se utilizará un valor de 42 dBi.
 - (10) La ganancia de la antena hacia el horizonte se calcula utilizando el procedimiento del Apéndice 6 al Anexo 1, salvo que se pueda utilizar el siguiente diagrama de antena en lugar del indicado en el § 3 del Apéndice 3: $G = 32 - 25 \log \varphi$ para $1^\circ \leq \varphi < 48^\circ$; y $G = -10$ para $48^\circ \leq \varphi < 180^\circ$ (para la definición de símbolos, véase el Apéndice 3 al Anexo 1).
 - (11) Ganancia TIG hacia el horizonte, $G_e = G_{m\acute{a}x}$ (véase el § 2.2.1) para $G = 36 - 25 \log(\varphi) > -6$ (para la definición de símbolos, véase el Apéndice 3 al Anexo 1).
 - (12) Ganancia TIG hacia el horizonte, $G_e = G_{m\acute{a}x}$ (véase el § 2.2.1) para $G = 32 - 25 \log(\varphi) > -10$ (para la definición de símbolos, véase el Apéndice 3 al Anexo 1).
-

