



Manual

MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL UIT-R PARA ESTUDIOS DE INTERFERENCIA Y COMPARTICIÓN

Edición 2012
Oficina de Radiocomunicaciones



SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA UIT

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.

Para toda información sobre asuntos de radiocomunicaciones

Póngase en contacto con:

UIT
Oficina de Radiocomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Teléfono:	+41 22 730 5800
Telefax:	+41 22 730 5785
E-mail:	brmail@itu.int
Web:	www.itu.int/itu-r

Para solicitar las publicaciones de la UIT

Sírvase tomar nota que no podemos admitir pedidos por teléfono. En cambio, pueden enviarse por escrito

UIT
División de Ventas y Comercialización
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Telefax:	+41 22 730 5194
E-mail:	sales@itu.int

La Librería electrónica de la UIT: www.itu.int/publications

MANUAL

Métodos de predicción de la propagación del UIT-R para estudios de interferencia y compartición

Edición 2012

Oficina de Radiocomunicaciones



PREFACIO

Este Manual ofrece la información técnica y las directrices necesarias para los estudios de compartición y las evaluaciones de la interferencia utilizando los métodos de predicción y los modelos de propagación de RF de las Recomendaciones UIT-R de la serie P seleccionadas. Ha sido elaborado por la Comisión de Estudio 3 bajo el liderazgo del Grupo de Trabajo 3M presidido por la Sra. Carol Wilson (Australia).

A continuación figuran las personas que han contribuido a la elaboración de este documento:

Clare ALLEN

David BACON

Les BARCLAY

Chris BEHM

Ralph CAGER

Alex EPSHTEYN

Glenn FELDHAKE

Rainer GROSSKOPF

Fryderyk LEWICKI

Paul MCKENNA

Alakananda PAUL

Patti RAUSH

Laura ROBERTI

Teresa RUSYN

Carol WILSON

ÍNDICE

Página

PREFACIO.....	iii
ÍNDICE	v
CAPÍTULO 1 – Introducción.....	1
1.1 Consideraciones generales	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Organización.....	1
CAPÍTULO 2 – Consideraciones básicas sobre la interferencia	3
2.1 Introducción a la interferencia radioeléctrica	3
2.2 Parámetros radioeléctricos.....	5
2.3 Variabilidad de la propagación.....	5
2.4 Distancias y zonas de coordinación.....	5
2.5 Mecanismos de propagación.....	6
CAPÍTULO 3 – Breve Guía sobre las Recomendaciones UIT-R de la serie P relativas a los efectos y métodos de propagación.....	9
3.1 Introducción.....	9
3.2 Terminología de la propagación	9
3.3 Guía sobre los métodos de predicción de propagación de RF de las Recomendaciones UIT-R de la serie P útiles para los análisis de interferencia	10
3.4 Fenómenos de propagación de RF específicos en las Recomendaciones UIT-R de la serie P	15
3.4.1 Efectos de propagación específicos en las Recomendaciones UIT-R de la serie P	15
3.5 Recomendaciones UIT-R de la serie P sobre requisitos de propagación del trayecto	19
CAPÍTULO 4 – Fenómenos de propagación de las ondas radioeléctricas.....	25
4.1 Introducción.....	25
4.2 Carácter estadístico de la propagación radioeléctrica.....	25
4.3 Criterios de protección contra la interferencia.....	30
CAPÍTULO 5 – Aplicación de los modelos y métodos de propagación de las Recomendaciones UIT-R de la serie P para evaluar la compartición y la interferencia	33
5.1 Introducción.....	33
5.2 Recomendación UIT-R P.452.....	33
5.3 Recomendación UIT-R P.528.....	34
5.4 Recomendación UIT-R P.533.....	36
5.5 Recomendación UIT-R P.619.....	37
5.6 Recomendación UIT –R P.620	39
5.7 Recomendación UIT-R P.1546.....	40
5.8 Recomendación UIT-R P.1812.....	42

CAPÍTULO 6 – Hipótesis de compartición representativas para los métodos y modelos de propagación de las Recomendaciones UIT-R de la serie P	45
6.1 Recomendación UIT-R P.452, hipótesis de compartición.....	45
6.2 Recomendación UIT-R P.528, hipótesis de compartición.....	46
6.3 Recomendación UIT-R P.533 hipótesis de compartición.....	47
6.4 Recomendación UIT-R P.620, hipótesis de compartición.....	48
6.5 Recomendación UIT-R P.1546, hipótesis de compartición.....	49
6.6 Recomendación UIT-R P.1812, hipótesis de compartición.....	49
APÉNDICE A – Ejemplos de cálculo	51
Anexo A1 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.452, ejemplo de cálculo	51
Anexo A2 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.528, ejemplo de cálculo	57
Anexo A3 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.533, ejemplo de cálculo	59
Anexo A4 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.620, ejemplo de cálculo	61
Anexo A5 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.1546, ejemplo de cálculo	63
Anexo A6 al Apéndice A – Recomendación UIT-R P.1812, ejemplo de cálculo	67
APÉNDICE B – Referencias	69

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Consideraciones generales

En el seno del UIT-R, la Comisión de Estudio 3 es responsable de llevar a cabo estudios sobre la propagación de las ondas radioeléctricas en medios ionizados y no ionizados y sobre las características del ruido radioeléctrico, a fin de mejorar el comportamiento de los sistemas de radiocomunicaciones. La Comisión de Estudio 3 consta de cuatro Grupos de Trabajo que trata cada uno de ellos aspectos concretos de la propagación radioeléctrica y cuenta con 86 Recomendaciones técnicas y 8 informes técnicos de la serie P del UIT-R en vigor desde agosto de 2011. Algunos de estos documentos proporcionan datos de mediciones detalladas; otros presentan modelos sobre fenómenos de propagación específicos y algunos indican métodos de predicción de la propagación; es decir, señalan las etapas y los procedimientos para combinar modelos con objeto de evaluar las pérdidas de propagación totales a lo largo de un trayecto de transmisión.

Para diseñar, implementar y explotar adecuadamente la mayoría de los modernos sistemas de radiocomunicaciones se necesita disponer de una información sobre propagación precisa. Además, dicha información reviste gran interés e importancia para las Comisiones de Estudio del UIT-R que se ocupan de la repercusión que tiene o de la interferencia que produce un sistema de radiocomunicaciones sobre otros sistemas de radiocomunicaciones. La Comisión de Estudio 3 recibe a menudo Declaraciones de Coordinación que solicitan aclaraciones sobre los métodos de propagación tales como:

- la forma de determinar qué método de propagación contenido en las Recomendaciones UIT-R de la serie P es más adecuado o aplicable para su utilización en los análisis de interferencia y en los estudios de compartición; y
- cómo utilizar los distintos métodos de predicción de la propagación que figuran en las Recomendaciones UIT-R de la serie P en el transcurso de los análisis de interferencia y los estudios de compartición.

Para que sea útil a otras Comisiones de Estudio y Grupos de Trabajo, el presente Manual ofrece orientaciones generales sobre estos temas.

1.2 Objetivo

Esta Manual debe utilizarse conjuntamente con las Recomendaciones UIT-R de la serie P para llevar a cabo los análisis de interferencia y estudiar los métodos de predicción en los sistemas de servicios de radiocomunicaciones. El Manual emplea la misma terminología y notaciones de las Recomendaciones UIT-R de la serie P y se indican las características más sobresalientes de los métodos de predicción seleccionados de las citadas Recomendaciones UIT-R de la serie P. También se incluyen algunos ejemplos detallados que muestran la aplicación de los métodos a casos específicos de análisis de la interferencia.

1.3 Organización

Tras el texto de introducción que figura en el Capítulo 1, el Capítulo 2 del Manual presenta una guía sobre los antecedentes, información complementaria y una breve descripción de la interferencia radioeléctrica y de los mecanismos de propagación utilizados en las Recomendaciones UIT-R de la serie P seleccionadas en este Manual. El Capítulo 3 ofrece una guía sobre la terminología de propagación y otra guía sobre la selección de una de estas Recomendaciones para realizar los análisis de interferencia. El Capítulo 4 del Manual discute los métodos y mecanismos relativos a los análisis de interferencia. El Capítulo 5 presenta detalles específicos incluidos los datos de partida, los mecanismos de propagación que intervienen y los resultados obtenidos por el método de cada Recomendación. El Capítulo 6 se dedica a las diversas hipótesis de compartición y los Anexos al Manual se refieren a los cálculos de los análisis de interferencia según las diversas hipótesis de compartición.

CAPÍTULO 2

CONSIDERACIONES BÁSICAS SOBRE LA INTERFERENCIA

2.1 Introducción a la interferencia radioeléctrica

La interferencia aparece cuando el nivel de potencia de las señales radioeléctricas no deseadas en la antena receptora es suficiente como para degradar la recepción de la señal deseada. La potencia de cada señal no deseada depende de la intensidad de la onda radioeléctrica no deseada en la antena y de la ganancia que presenta la propia antena en dirección de la señal recepción.

Existen tres tipos de niveles de potencia que se han de considerar a la entrada de un receptor: la señal deseada, la suma de todas las señales interferentes y el ruido radioeléctrico. Un nivel de calidad determinado, normalmente especificado por la proporción de bits erróneos en un sistema digital, requiere un mínimo valor de la relación entre la potencia de la señal deseada y la suma del ruido y de toda la potencia interferente en el demodulador. En la práctica, esta relación normalmente se especifica en un punto de referencia accesible en el sistema receptor, teniendo en cuenta el factor de ruido asociado y las ganancias. Por convenio, esta relación se expresa como $C/(N + \Sigma I)$, siendo C la potencia de la señal deseada, N la potencia de ruido, y ΣI la suma de las potencias de interferencia.

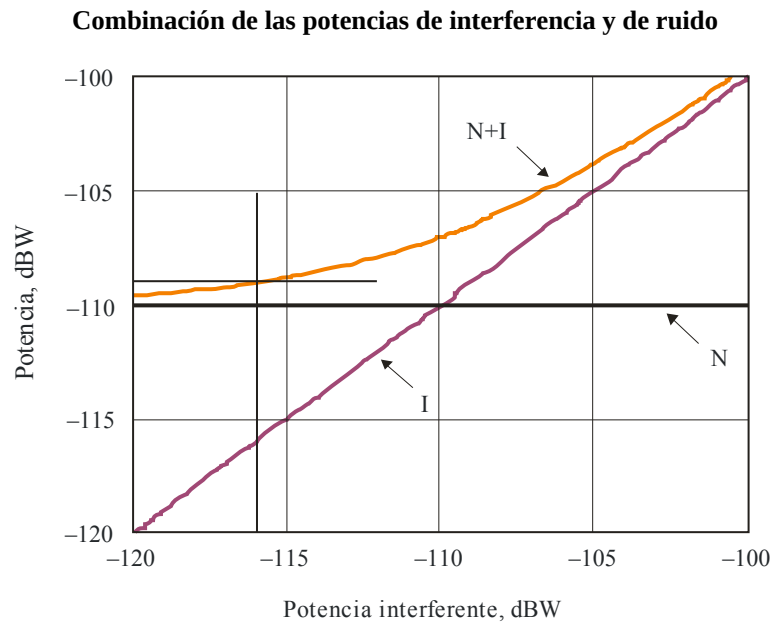
La relación de potencia, $C/(N + \Sigma I)$, normalmente expresada en decibelios (dB), viene dada por $10\log_{10}(\text{relación de potencia})$. Toda medición en decibelios se refiere a la relación entre dos potencias. Por ejemplo, cuando se calcula un nivel de potencia en decibelios con respecto a 1 W, expresado como dBW, el cálculo es realmente $10\log_{10}(W/1)$ siendo W la potencia real en vatios y 1 representa la referencia de 1 W.

En la anterior relación de potencias, los términos C , N y ΣI , son potencia expresadas normalmente en decibelios, tal como dBW. Ello produce una anomalía si $C/(N + \Sigma I)$ se trata como una expresión matemática ya que en ese caso los tres términos deben expresarse en unidades lineales de potencia. De forma convencional, la expresión $C/(N + \Sigma I)$ y expresiones similares se tratan como si cada una de ellas constituyese una sola cantidad.

Es conveniente utilizar una escala logarítmica de relaciones de potencia porque para calcular la interferencia lo importante es la intensidad relativa de diferentes señales y la mayoría de los factores que influyen en la potencia de la señal son multiplicativos. Ello facilita la práctica común de determinar un balance del enlace para un sistema radioeléctrico sumando las cantidades correspondientes expresadas en dB. Este mismo principio puede aplicarse también a la evaluación de la interferencia.

La Fig. 2.1 ilustra la suma de N y una sola fuente de interferencia I para obtener $(N + I)$. Ambas escalas representan los niveles de potencia en dBW, con valores que corresponden a las condiciones típicas en un receptor. La escala horizontal representa la potencia de una sola señal interferente, I , que se supone que varía como muestra la línea diagonal (color magenta). Se supone que la potencia de ruido N permanece constante y se representa mediante la línea horizontal (color negro).

FIGURA 2.1



Las señales de interferencia múltiple normalmente se combinan por suma de potencias, es decir sumando las potencias lineales, tales como vatios. Cuando se expresan en decibelios, las potencias deben convertirse a unidades lineales, se suman y a continuación se vuelven a convertir en decibelios. Por tanto, la combinación de N e I en la Fig. 2.1 viene dada por:

$$e(N + I) = 10 \log(10^{0,1N} + 10^{0,1I}) \text{ dBW} \quad (2.1)$$

La potencia de la señal deseada, C , no aparece en la Fig. 2.1. Para obtener una calidad de funcionamiento requerida debe permanecer con una relación mínima especificada de $(N + I)$.

Debido a la escala en decibelios, el trazado de la línea (roja) $(N + I)$ es curvado. Al lado izquierdo del gráfico, donde el valor de N es 10 dB superior a I , $(N + I)$ es sólo 0,4 dB superior a N y tiende asintóticamente a N para valores más bajos de I . En el lado derecho del gráfico se produce una situación similar, tendiendo $(N + I)$ asintóticamente a I . En el centro del gráfico, donde $N = I$, el ruido combinado más la interferencia es 3 dB superior a N o I .

Los sistemas de radiocomunicaciones pueden diseñarse para que estén limitados por el ruido o por la interferencia. En las líneas delgadas (en negro) que se cruzan en $I = -116$ dBW de la Fig. 2.1, la interferencia I se encuentra 6 dB por debajo del ruido, N , y por ello da un valor de $(N + I)$ cerca de 1 dB superior a N . Ello representa un criterio de limitación por el ruido ya que la mayoría de $(N + I)$ consiste en ruido. Este ejemplo se describiría como un margen de interferencia de 1 dB o una relación ruido/interferencia (N/I) de -6 dB.

En sistemas por encima de las bandas de ondas métricas, el ruido total N viene determinado normalmente por el ruido del circuito, y no por fuentes de ruido externo tales como el ruido ionosférico o el ruido artificial. Estos ejemplos de fuentes de ruido se describen con más detalle en los siguientes Capítulos. En las bandas de ondas decimétricas y superiores, por tanto, el ruido total es bastante estable y los sistemas limitados por el ruido son relativamente sencillos de planificar.

Es más eficaz desde el punto de vista de utilización del espectro que los sistemas de radiocomunicaciones funcionen en condiciones limitadas por la interferencia, como se representa en el lado derecho de la Fig. 2.1. No obstante, los niveles de interferencia normalmente varían más que los niveles de ruido y por esa razón los sistemas limitados por la interferencia son más complicados de planificar.

La Recomendaciones de la Comisión de Estudio 3 presentan predicciones de los niveles de potencia de la señal, incluidas las estadísticas de la forma en que varían, que tienen gran importancia en los estudios de compartición. En los siguientes puntos se describen los parámetros utilizados para determinar la potencia de las señales radioeléctricas y los mecanismos de propagación responsables de las variaciones de los niveles de la señal.

2.2 Parámetros radioeléctricos

Existen dos parámetros de uso común para indicar la intensidad absoluta de una onda radioeléctrica propagándose, la intensidad de campo eléctrico y la densidad de flujo de potencia. Son parámetros esencialmente equivalentes relacionados por la siguiente expresión:

$$E = S + 145,8 \quad (2.2)$$

siendo E la intensidad de campo eléctrico en dB con respecto a $1 \mu\text{V/m}$, expresada como $\text{dB}(\mu\text{V/m})$, y S la densidad de flujo de potencia en dB con respecto a 1 watio por metro cuadrado, expresada como $\text{dB}(\text{W/m}^2)$.

La intensidad absoluta de una onda radioeléctrica depende de la potencia radiada por la antena transmisora, de su ganancia en dirección de la propagación y de las pérdidas de propagación. La combinación de la potencia radiada y la ganancia de antena en dirección de la propagación puede considerarse como un solo parámetro, la potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.), P , que viene dada por la expresión:

$$P = P_t + G_i \text{ dBW} \quad (2.3)$$

siendo P_t la potencia total radiada por la antena, dBW, y G_i la ganancia de antena en la dirección correspondiente, en dB con respecto a una antena isotropa, expresada en dBi.

Alternativamente, los niveles de señal se calculan de manera indirecta obteniendo las pérdidas de propagación debidas al trayecto radioeléctrico. Las pérdidas de transmisión básicas, junto con algunas otras definiciones de pérdidas, se definen en la Recomendación UIT-R P.341. En resumen, las pérdidas de transmisión básicas, L_b , son las pérdidas en dB entre antenas isotrópicas. Estas pérdidas de transmisión básicas se utilizan en el balance del enlace para calcular la correspondiente intensidad de señal en un receptor.

2.3 Variabilidad de la propagación

La intensidad de una señal radioeléctrica normalmente experimenta variaciones, incluso en el caso de propagación entre antenas estacionarias. La intensidad obtenida o rebasada durante la mitad del tiempo es el nivel mediano de la señal. Varios mecanismos pueden causar el desvanecimiento por debajo o la mejora por encima de ese valor mediano. Las estadísticas de la variabilidad generalmente se dan en términos de porcentajes de un año medio, o del «mes más desfavorable», un concepto que se describe en la Recomendación UIT-R P.581.

Cabe señalar que distintas Recomendaciones utilizan el símbolo $p\%$ para el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa un determinado valor de desvanecimiento o de pérdidas o durante el cual se supera una mejora concreta o no se rebasan unas pérdidas. Es necesario tener en cuenta el contexto en el que se utiliza el $p\%$ así como si se trata de periodos anuales o del mes más desfavorable.

En la Recomendación UIT-R SM.1448, punto 1.3, se describen algunos conceptos básicos referentes a la variabilidad de las señales no deseadas. Los criterios generalmente se aplican a condiciones a «largo plazo» y a «corto plazo» para intensidades de señal no deseada rebasada durante el 20% del tiempo y la gama de 0,001% al 1,0% del tiempo, respectivamente.

2.4 Distancias y zonas de coordinación

El principio de una distancia de coordinación es el de que la probabilidad de que se produzca interferencia perjudicial desde una estación situada a una distancia mayor que la de coordinación puede considerarse despreciable.

El cálculo de la distancia de coordinación supone una consideración especial. La longitud del trayecto constituye generalmente un dato de partida en cualquier Recomendación de la serie P utilizada para calcular

la intensidad de campo o las pérdidas de propagación. Una distancia de coordinación puede determinarse definiendo la mínima pérdida admisible (o posiblemente la máxima intensidad de campo admisible) para la señal no deseada y a continuación se itera el modelo de propagación para diferentes distancias hasta satisfacer la condición requerida con un grado de precisión aceptable. Ello exige que el modelo de propagación produzca un resultado que varíe monótonamente con la longitud del trayecto. Por tanto, deben hacerse hipótesis sobre el trayecto en vez de efectuar un detallado análisis de un perfil del trayecto. Las hipótesis realizadas deben tender a sobrestimar la intensidad de la señal no deseada para aumentar la probabilidad de que la distancia de coordinación sea un valor seguro.

Las zonas de coordinación son áreas situadas dentro de las distancias de coordinación, y en particular la Recomendación UIT-R SM.1448 proporciona un método de construcción de zonas de coordinación para la coordinación internacional de las estaciones terrenas. Los elementos de propagación de la Recomendación UIT-R SM.1448 se han extraído de la Recomendación UIT-R P.620.

Tanto la Recomendación UIT-R SM.1448 como la Recomendación UIT-R P.620 se refieren a los modos de propagación (1) y (2) sin describirlos, aunque pueden deducirse las diferencias. Los dos modos se describen en el Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones contenido en la Recomendación UIT-R SM.1413-2, punto 5.24. El modo (1) se refiere a los mecanismos de propagación que pueden tenerse en cuenta en un análisis del perfil de círculo máximo entre las antenas transmisora y receptora y el modo (2) consiste en una dispersión por hidrometeoros que puede traducirse en un acoplamiento entre los haces de las antenas, incluidos los lóbulos laterales bajo ciertas condiciones, y que puede dar lugar a un incremento de los niveles de las señales no deseadas. El modo (1) consiste en el resto de mecanismos.

2.5 Mecanismos de propagación

Las Recomendaciones que son responsabilidad de la Comisión de Estudio 3, la serie P, ofrecen métodos para predecir la intensidad y las estadísticas de la variabilidad de los niveles de las señales recibidas, tanto deseadas como no deseadas, en la compartición de frecuencias y en los estudios de coordinación. La mayoría de los métodos determinan las pérdidas de transmisión básicas utilizando varios mecanismos de propagación. En un caso es necesario dar el resultado como pérdida de transmisión. La distinción entre estas dos definiciones de pérdidas de transmisión básicas aparece en la Recomendación UIT-R P.341.

Este punto resume las características de los mecanismos de propagación que se tienen en cuenta en las Recomendaciones de la serie P.

- a) **Pérdidas en el espacio libre.** Se conocen a veces con el nombre de «pérdidas de dispersión». Tienen en cuenta la atenuación de la densidad de flujo de potencia en un frente de onda a medida que éste se expande. El término «pérdidas en el espacio libre» debe limitarse a casos en que la onda radioeléctrica se propaga en un medio homogéneo tridimensional. Esta situación puede aproximarse por la transmisión en la troposfera. Las pérdidas de dispersión se tienen en cuenta en las Recomendaciones de la serie P, cuando ha lugar.
- b) **Atenuación gaseosa.** A frecuencias más elevadas, la atenuación debida a gases atmosféricos puede llegar a ser significativa en trayectos terrenales y en trayectos espacio-Tierra. Bajo condiciones medias a nivel del mar la atenuación específica rebasa el valor de 0,01 dB/km a unos 6 GHz, y el valor de 0,1 dB/km a unos 20 GHz. Los métodos detallados para calcular la atenuación gaseosa figura en la Recomendación UIT-R P.676. La atenuación atmosférica es debida al oxígeno y al vapor de agua. El contenido del oxígeno de la atmósfera es estable, pero el contenido de vapor de agua es variable. La variabilidad del contenido de vapor de agua es más significativo con una cresta de atenuación en torno a 22 GHz y por encima de 70 GHz. Las estadísticas del contenido de vapor de agua aparecen en la Recomendación UIT-R P.836.
- c) **Difracción.** La atenuación es causada por las obstrucciones con que se encuentran las ondas radioeléctricas. En particular, se utiliza para tener en cuenta la obstrucción del terreno debido a colinas en combinación con la curvatura de la Tierra. La difracción en el terreno se produce principalmente en los trayectos terrenales, pero puede tomar un valor significativo en un trayecto Tierra-espacio para ángulos de elevación bajos. Las pérdidas por difracción a una frecuencia determinada son constantes en el caso de una geometría de obstrucción estable. Sin embargo, las variaciones de la refractividad atmosférica con la altura pueden ser equivalentes a los cambios del radio efectivo de la Tierra, produciéndose los correspondientes cambios en las pérdidas por

difracción. Este tipo de cambio, asociado a condiciones atmosféricas normales pero variables, puede producir variaciones en las pérdidas por difracción en el terreno rebasadas durante porcentajes de tiempo situados aproximadamente en la gama del 10% al 90%; es decir, pueden aparecer tanto incrementos como desvanecimientos de la intensidad de la señal. El mecanismo no está asociado con una variabilidad más extrema rebasada durante menos del 10% del tiempo, aproximadamente.

d) Estructuras de la refractividad atmosférica. Algunas estructuras en la refractividad atmosférica pueden provocar convergencia o divergencia, lo que a veces se conoce con el nombre de enfoque y desenfoque. Estos efectos pueden causar incrementos y desvanecimientos de la señal lentos y rápidos en los trayectos terrenales y en los trayectos Tierra-espacio, especialmente en los trayectos más largos a través de la troposfera. Los cambios rápidos se conocen con el nombre de centelleos. Las irregularidades en la refractividad a través de la apertura de la antena también pueden disminuir su ganancia efectiva debido a la incoherencia de fase, un efecto que se conoce con el nombre de acoplamiento apertura-medio.

e) Propagación por conductos y reflexión en las capas. Las variaciones de la estructura atmosférica normal en forma de capas pueden provocar cambios drásticos en la intensidad de la señal. En particular, una onda atrapada en un conducto atmosférico puede propagarse con unas pérdidas menores que las pérdidas en el espacio libre. Ello puede dar lugar a grandes mejoras cuando la propagación a través de un conducto compensa realmente las pérdidas por difracción en el terreno. Dependiendo de las alturas relativas de las antenas y las capas o los conductos, este tipo de estructura atmosférica también puede producir desvanecimientos profundos y cuando ello ocurre la atenuación es plana, es decir no es selectiva en frecuencia.

La propagación por conducto o la reflexión por capas sobre tierra normalmente no coincide con condiciones de precipitación o de viento. La incidencia global de estos mecanismos varía entre el 3% y el 50%, aproximadamente. Los mecanismos tienen escasa repercusión sobre trayectos cortos, del orden de unos pocos kilómetros, pero a partir de unos 10 km pueden tener una gran influencia y en particular pueden causar un incremento de la intensidad de las señales interferentes. Por tanto, constituyen una parte importante de los estudios de comparación relativos a trayectos superiores a unos 10 km.

Sobre el mar y sobre grandes extensiones de agua las condiciones son distintas. Siempre se produce propagación por conducto, o al menos una elevada fracción de tiempo, por encima del agua debido a la evaporación desde su superficie. Las condiciones de viento y los estados de mar gruesa pueden interrumpir estos conductos lo suficiente como para impedir que tengan un efecto sobre la propagación, pero en condiciones de calma el efecto puede ser muy acusado. En la parte inferior de la banda de ondas métricas, la frecuencia de la señal puede encontrarse también por debajo de la frecuencia crítica del guíaondas formado por un conducto en la superficie, pero a frecuencias más elevadas se produce una propagación por conducto en la superficie durante más de la mitad del tiempo y en algunos emplazamientos durante la mayor parte del tiempo. Como en el caso de propagación por conducto sobre una obstrucción del terreno, el efecto depende de la geometría relativa de la antena y de las alturas de los conductos, que afectan al acoplamiento de la señal dentro y fuera del conducto.

La propagación por conducto y la reflexión en las capas afectan a los trayectos casi horizontales y, en consecuencia, es un tema fundamental que debe abordarse en el estudio de la propagación por trayecto terrenal.

f) Dispersión troposférica. Otro efecto se debe a la inhomogeneidad atmosférica que provoca la dispersión de las ondas radioeléctricas. Cuando aparece una señal de gran intensidad, como sucede en los trayectos con visibilidad directa o en trayectos transhorizonte con pequeñas pérdidas por difracción, la dispersión troposférica normalmente no es significativa. El efecto más habitual es «rellenar» lo que de otra forma sería un fenómeno de sombra profunda por difracción. Por consiguiente, la dispersión troposférica puede limitar la protección que las pérdidas por difracción proporcionarían contra la señal no deseada.

g) Efectos ionosféricos. En la parte baja de la banda de ondas métricas se producen varios mecanismos ionosféricos, incluida la reflexión en la capa E esporádica, que pueden causar un incremento del nivel de la señal en los trayectos terrenales. Estos efectos suelen ser poco comunes a lo largo de periodos de tiempos amplios, pero presentan variaciones regionales y estacionales. Los

efectos ionosféricos también son importantes en los trayectos Tierra-espacio por debajo de 1 GHz aproximadamente, incluida la rotación de la polarización lineal, el centelleo ionosférico y el enfoque y desenfoque.

- h) Precipitación.** La lluvia y la nieve húmeda pueden provocar un desvanecimiento de la señal en los trayectos terrenales y Tierra-espacio. A efectos de los estudios de compartición, el desvanecimiento afecta fundamentalmente a la señal deseada. Debe tenerse en cuenta al calcular el margen de desvanecimiento de manera que la interrupción por desvanecimiento no rebase el porcentaje de tiempo admisible. La despolarización debida a la lluvia también es significativa cuando la discriminación por polarización forma parte de la separación de los sistemas de radiocomunicaciones.

La precipitación también puede causar un acoplamiento entre haces de antena debido a la dispersión, el mecanismo de modo (2) que afecta particularmente la coordinación entre estaciones terrenas y enlaces con visibilidad directa.

- i) Propagación multitrayecto.** Pueden aparecer simultáneamente múltiples trayectos de propagación debido a la inhomogeneidad de la atmósfera, las reflexiones en el suelo y las reflexiones en objetos tales como los edificios. La variabilidad del nivel de la señal asociada es selectiva en frecuencia. El multitrayecto atmosférico puede ser rápido debido a las inhomogeneidades a pequeña escala, denominadas centelleo. La variabilidad multitrayecto más lenta se produce especialmente en los trayectos con visibilidad directa con baja inclinación. El multitrayecto por reflexión en el suelo puede ser bastante estable en el tiempo, aunque raramente es constante, y las variaciones se producen fundamentalmente con la altura de la antena. Las reflexiones en los edificios pueden dar lugar a múltiples rayos. En entornos urbanos, el movimiento del tráfico, entre otras causas, provoca variabilidad en el tiempo y también se producirá variabilidad en el espacio. Toda variabilidad en la intensidad de la señal debida a la propagación multitrayecto se caracteriza por amplias mejoras pequeñas y estrechos desvanecimientos más profundos; los términos «amplias» y «estrechos» se aplican a la variabilidad del tiempo, el espacio y la frecuencia.
- j) Sombra.** Los terminales situados en entornos con obstáculos, tales como las zonas urbanas o boscosas y por debajo de la altura del obstáculo, experimentan una variabilidad especial de la intensidad de la señal con la distancia comparable con la anchura de los objetos que constituyen el obstáculo.

Con referencia a los apartados i) y j), con los datos atmosféricos y topográficos generalmente disponibles no es posible predecir la intensidad de la señal en un punto de la distribución multitrayecto. El objetivo de la parte principal de un modelo será predecir el valor mediano de la distribución multitrayecto. Cuando sea conveniente, un método predecirá la posición en la distribución de sombra de manera estadística y aplicará esta corrección al valor mediano de la distribución multitrayecto.

CAPITULO 3

BREVE GUÍA SOBRE LAS RECOMENDACIONES UIT-R DE LA SERIE P RELATIVAS A LOS EFECTOS Y MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

3.1 Introducción

La selección de modelos de propagación de RF y métodos de predicción aplicables en un análisis técnico depende de los distintos efectos de propagación necesarios para un trayecto de propagación particular. Los modelos y los métodos de predicción desarrollados en las Recomendaciones de la serie P cubren una amplia gama de estos efectos. El presente capítulo proporciona una breve guía de estos modelos y métodos con aplicación particular en los estudios de compartición y en los análisis de interferencia.

La medida fundamental de la influencia sobre una señal radioeléctrica a medida que se desplaza es su potencia de señal. Los mecanismos de propagación modelados en las Recomendaciones UIT-R de la serie P representan efectos particulares que pueden aumentar o disminuir las pérdidas de una señal radioeléctrica y, en consecuencia, la posibilidad de que un sistema cause interferencia radioeléctrica a otro. Los mecanismos de propagación que pueden en principio aumentar la interferencia incluyen la reflexión/refracción, el multitrayecto, los conductos atmosféricos, los efectos de la ionosfera, los efectos de la troposfera y la dispersión por lluvia. Los mecanismos de propagación que pueden hacer disminuir la interferencia entre sistemas de radiocomunicaciones incluyen la difracción y varios efectos de la atenuación.

Si bien un modelo de propagación puede calcular la repercusión de un solo mecanismo de propagación a lo largo de un trayecto radioeléctrico, los métodos de predicción de las Recomendaciones UIT-R de la serie P consideran múltiples mecanismos de propagación para poder calcular las pérdidas de la señal radioeléctrica a medida que esta señal atraviesa el entorno de propagación. Los métodos de propagación de las Recomendaciones de la serie P abordados en el presente Manual proporcionan las bases para determinar los mecanismos de degradación del trayecto utilizadas en cada método de predicción, los objetivos de calidad de funcionamiento del sistema, los detalles sobre la configuración del sistema e información adicional considerada útil para aplicar el modelo necesario a fin de llevar a cabo un análisis del trayecto o de la interferencia. En la medida de lo posible, los métodos de predicción se evalúan cotejando los datos medidos con los datos contenidos en las bases de datos de la Comisión de Estudio 3 y los resultados se utilizan para determinar la precisión de los métodos de predicción y la variabilidad de los datos medidos.

Las Recomendaciones de la serie P contienen una combinación de modelos y métodos para dos tipos de análisis complementarios. Los modelos y métodos utilizados en el diseño de los enlaces o trayectos se emplean para la planificación de un sistema de servicio de radiocomunicaciones y la estimación de las pérdidas de propagación de la señal entre el transmisor y el receptor o receptores asociados. Los modelos y métodos de predicción de la interferencia en el enlace o el trayecto se usan para evaluar la interferencia radioeléctrica entre dos o más sistemas o servicios.

Los modelos de propagación se utilizan normalmente para definir la hipótesis del caso más desfavorable en un mecanismo de propagación en particular. Los modelos para el diseño del sistema se centran en hipótesis de elevada atenuación. Los análisis de interferencia varían al cambiar las condiciones incluidos los múltiples mecanismos de propagación. Las condiciones cambiantes en el análisis de interferencia conducen a descripciones estadísticas de los modelos de predicción de la interferencia. Por tanto, los modelos de interferencia se centran en las hipótesis de baja atenuación.

3.2 Terminología de la propagación

La UIT ha establecido el Comité de Coordinación de Vocabulario (CCV) encargado de abordar los amplios temas de vocabulario de la Unión. El CCV mantiene y actualiza una base de datos en línea de términos y definiciones en:

<http://www.itu.int/ITU-R/go/terminology-database>

Éste es el método preferido para encontrar definiciones a cualquier término que aparezca en las Recomendaciones de la UIT.

Existen algunas Recomendaciones de la serie V que aún están en vigor. El Cuadro 3.2-1 presenta las Recomendaciones más importantes para este Manual. Dichas Recomendaciones tienen denominación UIT-R pero son gestionadas actualmente por el CCV.

CUADRO 3.2-1

Terminología de propagación de las Recomendaciones de la serie V

Recomendación UIT-R	Tema	Título	Objeto
V.573	Radiocomunicaciones	Vocabulario de radiocomunicaciones	Términos generales relativos a la propagación de las ondas radioeléctricas.
V.662	Propagación general	Términos y definiciones	Términos generales relativos a la propagación de las ondas radioeléctricas..

CUADRO 3.2-2

Terminología de propagación de las Recomendaciones de la serie P

Recomendación UIT-R	Tema	Título	Objeto
P.310	Propagación general	Definiciones de términos relativos a la propagación en medios no ionizados	Términos generales relativos a las ondas radioeléctricas, y efectos del suelo y de la troposfera sobre la propagación de las ondas radioeléctricas.
P.313	Propagación general	Véase la versión electrónica	Terminología y notación para describir las diversas pérdidas asociadas a un enlace radioeléctrico.

3.3 Guía sobre los métodos de predicción de propagación de RF de las Recomendaciones UIT-R de la serie P útiles para los análisis de interferencia

El Cuadro 3.3-1 proporciona una guía sobre métodos de predicción de la propagación seleccionados en las Recomendaciones UIT-R de la serie P. En los métodos mostrados, los factores de aplicabilidad incluyen las características del trayecto, los parámetros operacionales/de emplazamiento del sistema de RF, los criterios de estadísticas en el tiempo y los requisitos de los datos de entrada del modelo. El citado Cuadro 3.3-1 es una versión modificada del cuadro que figura en la Recomendación UIT-R P.1144-4, «Guía para la aplicación de los métodos de propagación de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones».

Cada uno de los métodos de predicción de propagación identificados en el referido Cuadro 3.3-1 se describe con detalle en las Recomendaciones UIT-R de la serie P. Cabe señalar que todas las Recomendaciones están sujetas a revisión o pueden suprimirse y que siempre debe utilizarse la versión más reciente de una Recomendación en vigor.

Las Recomendaciones seleccionadas incluyen:

- UIT-R P. 452** – Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,1 GHz.
- UIT-R P. 528** – Curvas de propagación para los servicios móvil aeronáutico y de radionavegación aeronáutica que utilizan las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas.

- c) **UIT-R P. 533** – Método de predicción de la calidad de funcionamiento de circuitos que funcionan en ondas decamétricas.
- d) **UIT-R P. 619** – Datos de propagación necesarios para evaluar la interferencia entre estaciones en el espacio y estaciones sobre la superficie de la Tierra.
- e) **UIT-R P. 620** – Datos de propagación necesarios para evaluar las distancias de coordinación en la banda de frecuencias de 100 MHz a 105 GHz.
- f) **UIT-R P. 1456** – Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz.
- g) **UIT-R P. 1812** – Método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas.

Las Recomendaciones anteriormente seleccionadas se eligieron porque abordan los subconjuntos más completos de todos los mecanismos de propagación y bandas de frecuencia útiles para hipótesis de compartición o análisis de interferencia.

CUADRO 3.3-1

**Métodos de predicción de la propagación de las ondas radioeléctricas que aparecen
en Recomendaciones UIT-R de la serie P seleccionadas**

(versión modificada del Cuadro de la Rec. UIT-R P.1144-6)

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	% de tiempo	% de emplazamiento	Altura del terminal	Principales datos de partida
Rec. UIT-R P.452	Evaluación de la interferencia entre estaciones situadas en el espacio y en la superficie de la Tierra	Punto a punto	Pérdidas del trayecto	100 MHz a 50 GHz	No especificada, pero llega hasta el horizonte radioeléctrico y más allá de él	0,001 a 50 Año medio y mes más desfavorable	No aplicable	No se especifican límites, dentro de la capa de superficie de la atmósfera. (No es adecuado para aplicaciones aeronáuticas)	Datos del perfil del trayecto Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de transmisión Altura de la antena de recepción Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Datos meteorológicos
Rec. UIT-R P.528	Evaluación de las pérdidas de transmisión básicas que probablemente aparecerán en los servicios aeronáuticos	Punto a zona	Pérdidas del trayecto	125 MHz a 15,5 GHz	0 a 1 800 km (para aplicaciones aeronáuticas, la distancia 0 km en horizontal no implica longitud del trayecto de 0 km)	1 a 95	No aplicable	H1: 1,5 m a 20 km H2: 1 a 20 km	Distancia Altura del transmisor Frecuencia Altura del receptor Porcentaje de tiempo
Rec. UIT-R P.533	Método de predicción de las características de funcionamiento para la predicción de la propagación de las ondas ionosféricas	Punto a punto	MUF básica Intensidad de campo de la onda ionosférica Potencia disponible en el receptor Relación señal/ruido LUF Fiabilidad del circuito	2–30 MHz	Hasta 40 000 km	Todos los porcentajes	No aplicable	No aplicable	Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Número de manchas solares Mes Hora(s) del día Frecuencias Potencia del transmisor Tipo de antena del transmisor Tipo de antena del receptor

Método	Aplicación	Tipo	Resultado	Frecuencia	Distancia	% de tiempo	% de emplazamiento	Altura del terminal	Principales datos de partida
Rec. UIT-R P.619	Evaluación de la interferencia entre estaciones situadas en el espacio y en la superficie de la Tierra	Punto a punto	Nivel de potencia de interferencia	100 MHz a 30 GHz	No especificada	No especificado	No aplicable	No hay límites	Datos de perfil del trayecto Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de transmisión Altura de la antena de recepción Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Datos meteorológicos
Rec. UIT-R P.620	Coordinación de frecuencias de la estación terrena	Distancia de coordinación	Distancia a la que se logran las pérdidas de propagación requeridas	100 MHz a 105 GHz	Hasta 1 200 km	0,001 a 50	No aplicable	No se especifican límites, dentro de la capa de superficie de la atmósfera. (No es adecuado para aplicaciones aeronáuticas)	Mínimas pérdidas de transmisión básicas Frecuencia Porcentaje de tiempo Ángulo de elevación de la estación terrena Haz principal de la antena Anchura de haz a 3 dB
Rec. UIT-R P.1546	Servicios terrenales Circuitos de radiocomunicaciones troposféricas por trayectos sobre tierra, sobre mar y mixtos mar/tierra	Punto a zona	Intensidad de campo	30 a 3 000 MHz	1 a 1 000 km	1 a 50	1 a 99	<i>Transmisor/base:</i> altura efectiva desde menos de 0 m hasta 3 000 m <i>Receptor/móvil:</i> > 1 m	Altura y cobertura del terreno (opcional) Clasificación del trayecto Distancia Altura de la antena de transmisión Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de recepción Ángulo de despejamiento del terminal Porcentaje de emplazamientos Gradiente de refractividad
Rec. UIT-R P.1812	Servicios terrenales	Punto a punto Punto a zona	Intensidad de campo	30 MHz a 3 GHz	No se especifica pero hasta el horizonte radioeléctrico y más allá	1 a 50	1 a 99	No se especifican límites dentro de la capa de superficie de la atmósfera. (No es adecuado para aplicaciones aeronáuticas)	Datos de perfil del trayecto Frecuencia Porcentaje de tiempo Altura de la antena de transmisión Altura de la antena de recepción Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Datos meteorológicos

NOTA 1 – Para cada Recomendación UIT-R del Cuadro 3.3-1 aparecen columnas de información asociada que indican:

Aplicación: servicios o aplicaciones a los que está destinada la Recomendación.

Tipo: situación a la que se aplica la Recomendación, tal como punto a punto, punto a zona, visibilidad directa, etc.

Resultado: valor del parámetro resultante producido por el método de la Recomendación, tal como pérdidas de trayecto.

Frecuencia: gama de frecuencias aplicable a la Recomendación.

Distancia: gama de distancias aplicable a la Recomendación.

% de tiempo: valores o gama de valores de los porcentajes de tiempo aplicables de la Recomendación; % de tiempo es el porcentaje de tiempo durante el cual se rebasa la señal prevista en un año medio.

% de emplazamiento: gama de porcentaje de emplazamientos de la Recomendación; % de emplazamientos es el porcentaje de emplazamientos situados en el interior de, por ejemplo, un rectángulo de 100 a 200 m en los que se rebasa la señal prevista.

Altura del terminal: gama de alturas de antena del terminal aplicable a la Recomendación.

Datos de partida: lista de parámetros utilizada por el método de la Recomendación; la lista se ordena según la importancia del parámetro y, en algunos casos, pueden utilizarse valores por defecto.

3.4 Fenómenos de propagación de RF específicos en las Recomendaciones UIT-R de la serie P

Las Recomendaciones UIT-R de la serie P incluyen numerosos modelos para los efectos de propagación específicos. Algunos de estos modelos están incorporados en los métodos de predicción de la propagación antes mencionados. Otros son autónomos y resultan útiles para evaluar un fenómeno de propagación específico. Todos los modelos se validan periódicamente y son actualizados por la Comisión de Estudio 3 basándose en nuevos conocimientos tales como la correlación con las mediciones de propagación. Las últimas versiones de las Recomendaciones UIT-R de la serie P están disponibles en la dirección web de la UIT.

3.4.1 Efectos de propagación específicos en las Recomendaciones UIT-R de la serie P

En el Cuadro 3.4-1 aparece un resumen de los efectos de propagación en diferentes bandas de frecuencia con una lista de aplicaciones en cada banda.

El Cuadro 3.4-2 es un breve resumen de ciertas Recomendaciones UIT-R de la serie P; en concreto, las que abordan algunas propiedades o mecanismos de propagación específicos que afectan a las ondas radioeléctricas. Estos cuadros pueden utilizarlos las Comisiones de Estudio interesadas para obtener más información y realizar cálculos específicos sobre cualquier mecanismo de propagación dominante discutido en el Manual o para establecer otros modelos específicos de mecanismos de propagación.

CUADRO 3.4-1

Efectos de propagación en diferentes bandas de frecuencias

Banda de frecuencia	Influencia atmosférica	Influencia terrenal	Aplicaciones	Comentarios
Ondas decamétricas < 3 kHz	Propagación por guíaondas y cavidad con la ionosfera como límite superior	La Tierra constituye el límite inferior del guíaondas; las ondas se propagan a gran profundidad por la tierra o el mar	Comunicaciones de largo alcance con submarinos, minas, teledetección bajo tierra, etc.	Antenas de gran tamaño, velocidad de transmisión de datos muy baja
Ondas miriamétricas 3-30 kHz	Propagación por guíaondas con la Región D como límite superior	La Tierra constituye el límite inferior	Servicios de telegrafía a escala mundial con barcos, servicios fijos de largo alcance, ayudas a la navegación, señales horarias	Antenas de gran tamaño, velocidad de transmisión de datos muy baja
Ondas kilométricas 30-300 kHz	Ondas por debajo de la Región D hasta 100 kHz, ondas ionosféricas distintas de las ondas de superficie por encima de 100 kHz	Las ondas de superficie siguen el relieve de la Tierra	Comunicaciones de largo alcance con barcos, sistemas de navegación a media distancia	Antenas de gran tamaño; es difícil hacerlas directivas
Ondas hectométricas 300-3 000 kHz	Ondas ionosféricas para distancias superiores y frecuencias más elevadas	Ondas de superficie para distancias más cortas y frecuencias más bajas, reflexiones en el suelo	Radiodifusión, ayudas a la navegación, otros servicios móviles o fijos	Antenas grandes pero eficaces, zona de servicio de más de 100 km durante las horas diurnas, distancias posiblemente mucho mayores durante las horas nocturnas
Ondas decamétricas 3-30 MHz	Ionosférica más allá de la distancia de salto (6-30 MHz)	Ondas de superficie sólo a corta distancia (3-6 MHz), reflexión, dispersión	Fijas punto a punto, terrestres, móviles marítima y aeronáutica, radiodifusión a larga distancia	Sistema de antenas de cortina, antena de látigo vertical, sistemas de antenas log-periódicas
Ondas métricas 30-300 MHz	Ondas troposféricas, interferencia causada por la capa E esporádica	Visibilidad directa y más allá de la visibilidad directa terrenal con difracción, efectos múltiples debidos a la reflexión	Radiodifusión, terrestre, móvil aeronáutica y marítima, teléfonos sin cordón, radionavegación	Se utilizan antenas Yagi, de ranuras y helicoidales
Ondas decimétricas 300-3 000 MHz	Refracción, reflexión a frecuencias más bajas y propagación por conducto a frecuencias más elevadas, dispersión troposférica por	Visibilidad directa y ligeramente más allá de la visibilidad directa terrenal y Tierra-espacio, apantallamiento por colinas y edificios	Radiodifusión de TV, radares, fijo punto a punto, móvil, SMS, SRS, SFS, radiocomunicaciones celulares, teléfonos sin cordón	Se emplean antenas de banda amplia y de alta ganancia

Banda de frecuencia	Influencia atmosférica	Influencia terrenal	Aplicaciones	Comentarios
	encima de unos 500 MHz			
Ondas centimétricas 3-30 GHz	Refracción y propagación por conducto, atenuación debida a la lluvia, etc., centelleo, la propagación por conducto puede provocar interferencia, el multitrayecto causa desvanecimiento, absorción por la lluvia, nieve, niebla, nubes y gases	Visibilidad directa terrenal y Tierra-espacio, difracción y apantallamiento debido a los edificios, dispersión y reflexión en los edificios, el terreno, los árboles y el mar	Servicios fijos terrenales y por satélite, móvil, futuros SMS, teledetección por radar	Discos parabólicos y bocinas de alta ganancia
Ondas milimétricas 30-300 GHz	El gradiente del índice de refractividad, la lluvia, etc., causan atenuación y dispersión, absorción por el vapor de agua y el oxígeno, centelleo	Visibilidad directa a corta distancia terrenal, apantallamiento por edificios y vegetación	Sistemas de comunicaciones fijas y móviles de corto alcance, aplicaciones de satélite, teledetección, radares	Pequeños discos parabólicos
Ondas submilimétricas 300-3 000 GHz	El gradiente del índice de refracción localizado, la lluvia, etc., causan una fuerte atenuación, absorción por gases, centelleo	Visibilidad directa de muy corto alcance, apantallamiento por árboles	Comunicaciones de corto alcance, teledetección	Antenas de espejo o lentes, falta de equipos
Ondas infrarrojas y ópticas 3-430 THz y 430-860 THz	El gradiente del índice de refracción localizado, la lluvia, etc., causan una fuerte atenuación, absorción por gases, centelleo	Visibilidad directa, apantallamiento por pequeños objetos	Corto alcance e interiores para frecuencias lejos del infrarrojo, alarmas, detectores de humo, control remoto y espectrometría para frecuencias cercanas al infrarrojo, enlaces con visibilidad directa ópticos	Espejos y lentes para antenas

CUADRO 3.4-2

Modelos de las Recomendaciones UIT-R de la serie P para efectos de propagación específicos

Recomendación UIT-R	Tema	Título	Objeto
P.525	Propagación en el espacio libre	Cálculo de la atenuación en el espacio libre	Fórmula fundamental para las transmisiones básicas en espacio libre. Este cálculo se utiliza a menudo como punto de referencia en otros cálculos de pérdidas de propagación de la Comisión de Estudio 3
P.453	Refracción	Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre la refractividad	Definición del índice de refracción y procedimiento para calcularlo
P.834	Refracción	Efectos de la refracción troposférica sobre la propagación de las ondas radioeléctricas	Métodos y cálculos de los efectos de difracción a gran escala en la atmósfera
P.531	Efectos ionosféricos	Datos de propagación ionosférica y métodos de predicción requeridos para el diseño de servicios y sistemas de satélites	Métodos y cálculos para evaluar los efectos ionosféricos en los trayectos Tierra-espacio en la gama 0,1-12 GHz
P.532	Efectos ionosféricos	Efectos ionosféricos y consideraciones de explotación en relación con la modificación artificial de la ionosfera y del canal de ondas radioeléctricas	Métodos y cálculos para evaluar el efecto de las señales radioeléctricas y otros fenómenos tales como productos químicos en la ionosfera
P.844	Efectos ionosféricos	Factores ionosféricos que afectan a la compartición de frecuencias en las bandas de ondas métricas y decimétricas (30 MHz-3 GHz)	Información que debe tenerse en cuenta en la ionosfera al planificar sistemas en las bandas de ondas métricas y decimétricas
P.1239	Efectos ionosféricos	Características ionosféricas de referencia del UIT-R	Información de referencia general para los cálculos ionosféricos
P.676	Gases atmosféricos	Atenuación debida a los gases atmosféricos	Describe los efectos y proporciona los cálculos de los gases atmosféricos en las ondas radioeléctricas
P.833	Ecos parásitos	Atenuación debida a la vegetación	Proporciona un modelo y describe los efectos de los diversos tipos de vegetación en las ondas radioeléctricas
P.837	Precipitación	Características de la precipitación para establecer modelos de propagación	Mapas de datos meteorológicos para llevar a cabo los cálculos de atenuación
P.838	Precipitación	Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción	Método de cálculo de la atenuación debida a la lluvia en los trayectos de comunicaciones
P.840	Precipitación	Atenuación debida a las nubes y a la niebla	Proporciona una descripción y un método de cálculo para la atenuación debida a las nubes y la niebla en los trayectos de comunicaciones
P.1815	Precipitación	Atenuación diferencial debida a la lluvia	Método para calcular la atenuación debida a la lluvia diferencial sobre los trayectos por satélite

3.5 Recomendaciones UIT-R de la serie P sobre requisitos de propagación del trayecto

Las ondas radioeléctricas se desplazan a través de muchos entornos de propagación distintos debido a la diversidad de servicios que soportan. Si bien los mecanismos de propagación radioeléctrica abordados en el punto 3.6.1 son los parámetros dominantes en el modelado de la interferencia, es importante conocer qué trayecto de propagación utiliza un enlace en particular de manera que pueda aplicarse un modelo apropiado que considere todos los efectos de propagación relevantes. El Cuadro 3.6-1 resume brevemente las Recomendaciones UIT-R de la serie P que detalla las consideraciones de propagación y los datos requeridos para el análisis de los trayectos de propagación utilizados por ciertos servicios de radiocomunicaciones. Este cuadro puede emplearse por las partes interesadas para obtener información adicional y realizar cálculos específicos sobre cualquier característica del trayecto de propagación específica discutida en el Manual o para establecer otros modelos concretos de mecanismos de propagación.

CUADRO 3.5-1

Requisitos de los datos de propagación recomendados para análisis de servicios específicos

Método	Tipo de trayecto	Título	Objeto
UIT-R P.679	Espacio-Tierra	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de radiodifusión por satélite	Consideraciones sobre propagación que deben tenerse en cuenta en el diseño o análisis de un sistema de satélites de radiodifusión
UIT-R P.680	Tierra-espacio	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio	Consideraciones sobre propagación que deben tenerse en cuenta al diseñar o analizar un sistema de comunicaciones móviles marítimas
UIT-R P.681	Tierra-espacio	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones móviles terrestres Tierra-espacio	Consideraciones sobre propagación que deben tenerse en cuenta en el diseño o análisis de un sistema de telecomunicaciones móviles Tierra-espacio
UIT-R P.682	Tierra-espacio	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles aeronáuticos Tierra-espacio	Consideraciones sobre propagación a tener en cuenta cuando se diseñan o analizan sistemas de telecomunicaciones móviles aeronáuticos Tierra-espacio
UIT-R P.530	Visibilidad directa	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa	Consideraciones y cálculos de propagación en el diseño o análisis de un sistema con visibilidad directa
UIT-R P.1407	Multitrayecto	Propagación por trayectos múltiples y parametrización de sus características	Consideraciones sobre propagación a tener en cuenta al diseñar o analizar un sistema de telecomunicaciones multitrayecto

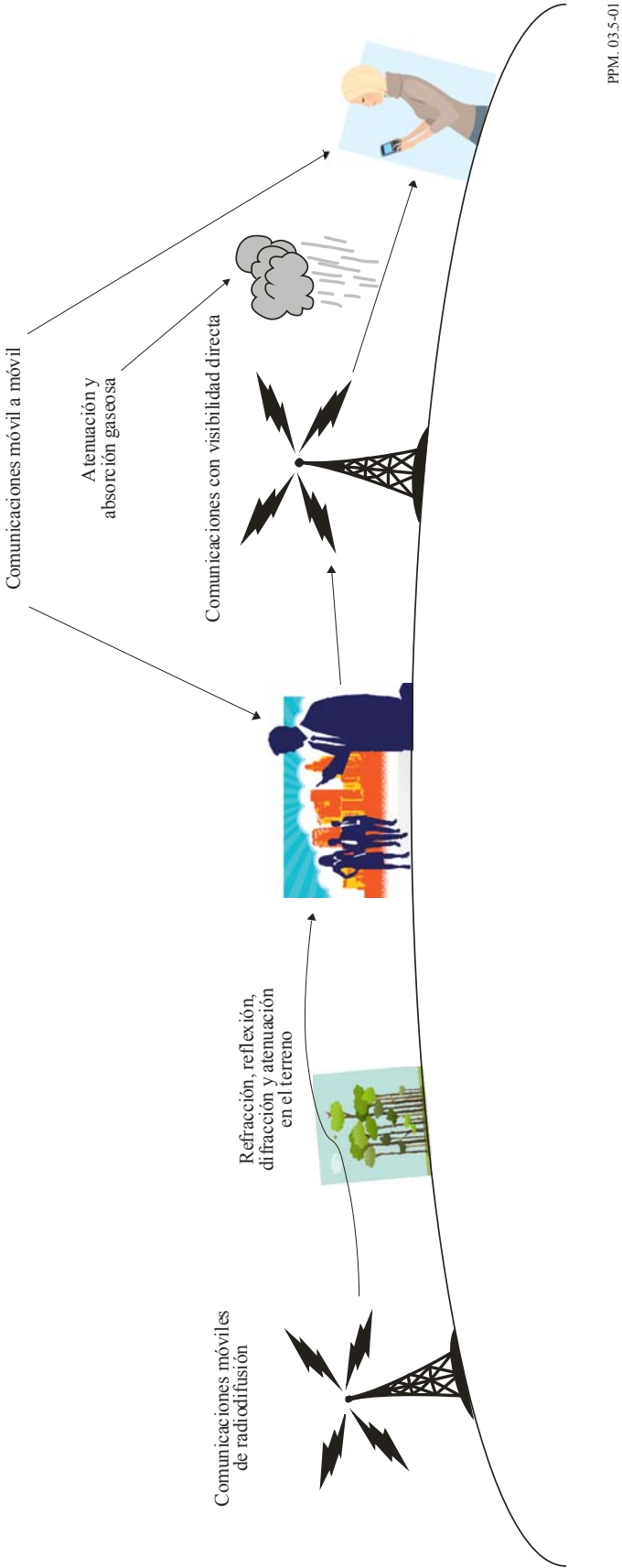
Un trayecto de comunicación puede suponer también muchos enlaces desde la estación transmisora de origen hasta el receptor destinatario. Los enlaces pueden ser saltos de comunicaciones terrenales o por satélite Tierra-espacio y pueden tomar muchas formas en las que intervienen múltiples estaciones transmisoras, repetidores en tierra, amplificadores en tierra o incluso un enlace por satélite en medio de un trayecto terrenal. Un ejemplo de transmisión por múltiples saltos es la comunicación entre un dispositivo móvil y otro dispositivo móvil. El dispositivo móvil transmisor puede que no sea capaz de comunicarse directamente con el dispositivo móvil receptor destinatario debido a la distancia o a otros factores. En ese caso, el dispositivo móvil transmisor debe establecer la comunicación mediante uno o varios mástiles de radiocomunicaciones intermedios. Puede que esos mástiles deban a su vez transmitir hacia otros mástiles de radiocomunicaciones antes de poder establecer la comunicación con el receptor destinatario. Un enlace de comunicaciones

también puede incluir un trayecto por satélite si el dispositivo receptor de la comunicación se encuentra a una distancia significativa del dispositivo transmisor.

Los efectos de propagación que pueden tener repercusiones en los trayectos terrenales son la reflexión, la refracción, las pérdidas en espacio libre y la difracción debida al terreno del entorno y también a obstáculos físicos que se encuentran en el trayecto de la onda radioeléctrica, como se indica en el Cuadro 3.5-1. La absorción gaseosa en la atmósfera también puede causar efectos en la propagación sobre trayectos terrenales. La Fig. 3.5-1 ilustra los diversos trayectos de propagación y los mecanismos de propagación que se aplican a cada trayecto. Esta información puede utilizarse para ayudar a identificar el modelo de propagación adecuado que debe aplicarse a hipótesis concretas de entornos de interferencia comunes.

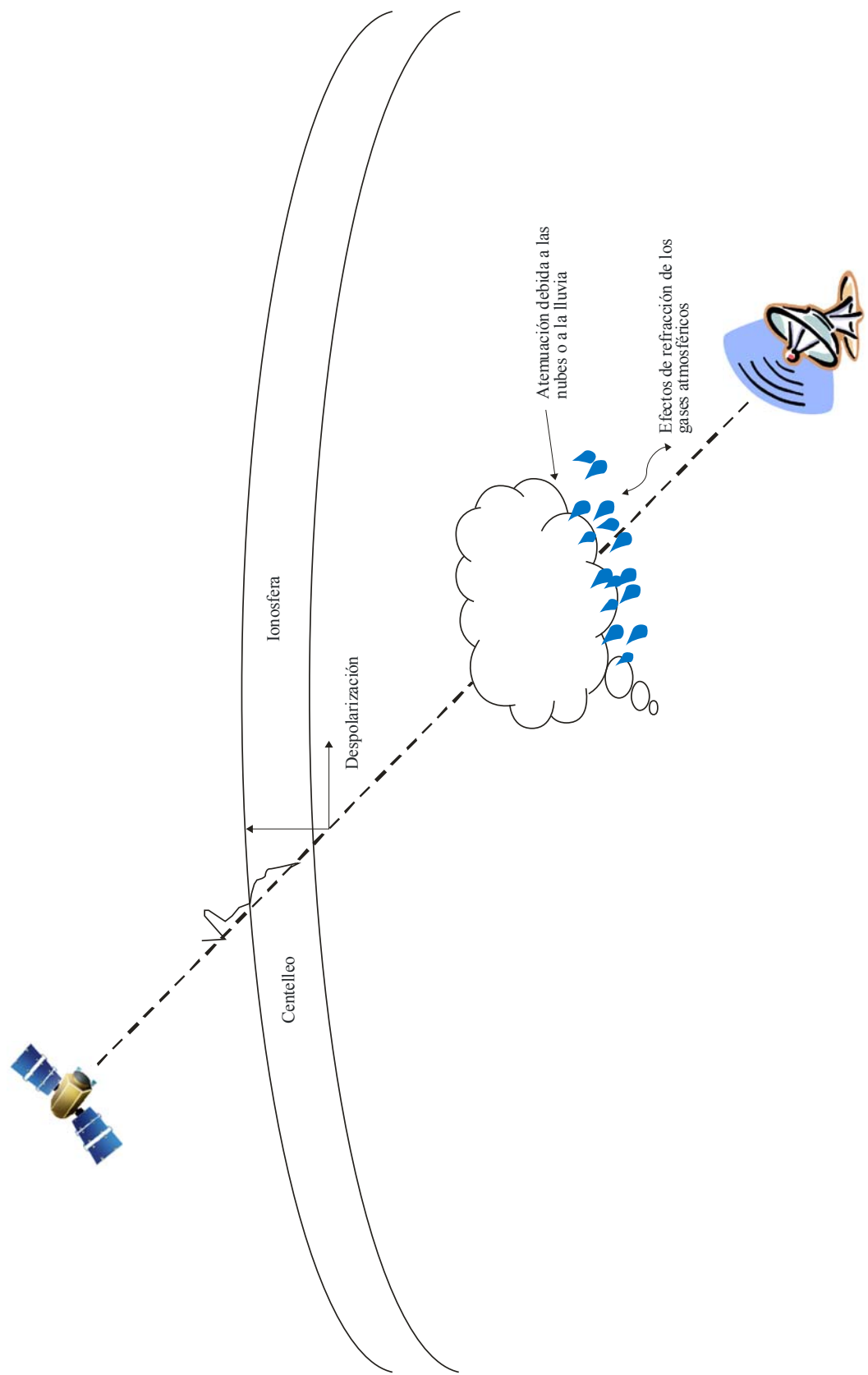
FIGURA 3.5-1

Efectos del mecanismo de propagación a lo largo de un trayecto terrenal



Los trayectos Tierra-espacio y espacio-Tierra atraviesan la atmósfera terrestre. Muchos efectos de propagación pueden afectar a los enlaces radioeléctricos. Una señal procedente de una estación terrena puede sufrir difracción si la zona circundante no está exenta de obstrucciones. A medida que la señal se desplaza en sentido ascendente, resulta atenuada debido a los gases atmosféricos, las nubes o los hidrometeoros. Cuando la señal se propaga a través de la ionosfera puede encontrarse con centelleo, atenuación adicional de la señal y despolarización de la señal debido a la rotación de Faraday. Una señal procedente del espacio es atenuada por la atmósfera y la ionosfera y posteriormente puede sufrir difracción y los efectos de la proximidad del suelo a medida que la señal se propaga próxima a la superficie de la Tierra. La Fig. 3.5-2 ilustra un trayecto espacio-Tierra de una onda radioeléctrica y los diversos efectos de propagación que pueden afectar a la señal radioeléctrica propagándose a lo largo del trayecto.

FIGURA 3.5-2
Efectos del mecanismo de propagación a lo largo de un trayecto
espacio-Tierra o Tierra-espacio



PPM. 03.5-02

CAPITULO 4

FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS RADIOELÉCTRICAS

4.1 Introducción

Este capítulo describe algunos fundamentos de la propagación de las ondas radioeléctricas incluidas las propiedades medioambientales junto con la terminología de propagación aplicable a los análisis de interferencia que utilizan los modelos y métodos de las Recomendaciones UIT-R de la serie P.

4.2 Carácter estadístico de la propagación radioeléctrica

Existen muchos fenómenos que inciden en la propagación de las señales radioeléctricas. Como es muy difícil controlar o tener en cuenta todos los posibles fenómenos que afectan a estas señales incluso en un solo enlace fijo y bien definido de un sistema de radiocomunicaciones, las observaciones de la intensidad de la señal fluctuarán en función del tiempo. Por regla general, estas fluctuaciones pueden tener dos escalas de tiempo: una que varía aproximadamente de hora en hora y otra escala de tiempo casi instantánea determinada por las diferencias en los instantes de llegada de los rayos desde los centros de dispersión en el entorno circundante que se solapan tanto constructiva como destructivamente, y que generalmente se conoce como multitrayecto (o trayectos múltiples). Esta última variación cae fuera del ámbito del presente Manual. En lugar de ello, si se supone que se miden las medianas horarias de la intensidad de la señal, promediando de esa forma las variaciones multitrayecto, pueden caracterizarse las fluctuaciones de estas medianas horarias cuando se miden durante un periodo de varios años, por ejemplo. Aunque estas fluctuaciones de las medianas horarias tienen causas determinísticas, en general ni las observaciones ni los modelos y métodos que aparecen en las Recomendaciones UIT-R de la serie P tienen la complejidad necesaria como para tener en cuenta estos efectos. En particular, los modelos no podrían emplearse con fiabilidad para predecir las series temporales de las fluctuaciones medianas horarias. Debido a ello, se supone que puede caracterizarse la mediana a largo plazo de estas medianas horarias y los valores rebasados durante unas determinadas fracciones de tiempo, que es equivalente a una descripción de la función de distribución acumulativa de la (supuesta) variable aleatoria, la intensidad de la señal mediana horaria. Afirmaciones tales como: «En este trayecto, la intensidad de señal de 41 dB ($\mu\text{V/m}$) se rebasa durante el 10% del tiempo» proceden del modelo de variabilidad en el tiempo.

En las Recomendaciones UIT-R P.452, UIT-R P. 1546 y UIT-R P. 1812, los usuarios encontrarán que la variabilidad en el tiempo depende de la distancia y del clima radioeléctrico, en particular, con respecto a la proximidad a grandes extensiones de agua. La segunda de estas dependencias no es sorprendente ya que cabe esperar que los cambios en la atmósfera, concretamente en índice de refractividad atmosférica y su velocidad de variación, sean responsables de la mayor parte de la variabilidad en el tiempo que aquí nos ocupa. La dependencia con la distancia tampoco es demasiado sorprendente si se recuerda que para distintas gamas de distancia tienden a predominar en la propagación troposférica diferentes mecanismos y cabe esperar razonablemente que ello dé lugar a varias funciones de distribución acumulativas.

Con relación a la cuestión de las mediciones a largo plazo sobre diferentes trayectos en la misma situación, es decir, los mismos parámetros del sistema, los trayectos escogidos de la misma forma en una sola zona y los parámetros medioambientales los más parecidos posible, se observa que las estadísticas de la variabilidad temporal a largo plazo (es decir, las funciones de distribución acumulativa) cambian de trayecto a trayecto. Dicha variación de trayecto a trayecto en las estadísticas de variabilidad temporal a largo plazo se conoce con el nombre de variabilidad de emplazamiento. Una posible causa de esta variabilidad es que aunque los perfiles de los trayectos no parecen distinguirse unos de otros en sentido estadístico, las diferencias detalladas alteran sus variabilidades temporales a largo plazo. Por tanto, hay distribuciones acumulativas de distribuciones acumulativas y puede decirse que: «En esta situación, habrá un 30% de emplazamientos de trayecto en los que la intensidad de la señal de 41 dB ($\mu\text{V/m}$) se rebasa al menos durante el 10% del tiempo».

En una Recomendación, como la UIT-R P.452, que considera únicamente un solo trayecto bien definido, no es correcto referirse a trayectos distintos o realizar ajustes para la variabilidad de emplazamiento. Sin embargo, en los métodos de predicción punto a zona de las Recomendaciones UIT-R P.1546 y P.1812 es evidente que deben considerarse diferentes trayectos y, por consiguiente, conviene realizar ajustes de la variabilidad de emplazamientos. Esta variabilidad es independiente de la distancia y del clima radioeléctrico pero dependiente de la frecuencia y de la situación. En la Recomendación UIT-R P. 1812 la variabilidad de emplazamientos también depende de la altura de la antena de recepción.

Como preludio a la siguiente discusión, será útil introducir el concepto de desviación. Se van a calcular los cuantiles de las pérdidas de transmisión básicas a la distancia x , x , $L_b(q_T, q_L, x)$. Las distribuciones que intervienen son casi normales lo que simplifica el cálculo para expresar la fracción en términos de desviación normal típica. La distribución normal complementaria viene dada por la ecuación:

$$Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-t^2/2} dt = q \quad (4.1)$$

y la desviación normal típica, z , se obtiene a partir de la función inversa:

$$z(q) = Q^{-1}(q) \quad (4.2)$$

Si la intensidad de campo, E (dB), es una variable aleatoria con distribución normal de media (igual a su mediana) E_0 y la desviación típica es σ , sus cuantiles vienen dados por:

$$E(q) = E_0 + \sigma \cdot z(q). \quad (4.3)$$

Obsérvese el convenio de que la dirección de desviación positiva ($0 \leq q \leq 0.5$) corresponde a un incremento de la intensidad de campo y, por lo tanto, a una disminución de las pérdidas. Para obtener el cuantil doble de las pérdidas de transmisión básicas $L_b(q_T, q_L, x)$ se escribe:

$$L_b(q_T, q_L, x) = L_b(0.5, 0.5, x) - Y_T(q_T) - Y_L(q_L) \quad (4.4)$$

donde el valor mediano global, $L_b(0.5, 0.5, x) = L_{bu}(0.5)$, y las desviaciones, Y_L e Y_T , puede expresarse como sigue:

$$Y_L(q_L) = \sigma_L \cdot z(q_L) \quad (4.5a)$$

$$Y_T(q_T) = \sigma_{T+} \cdot z(q_T) \text{ para } z(q_T) \geq 0 \quad (4.5b)$$

y donde la «desviación pseudo-típica» de la variabilidad temporal, σ_{T+} , es función de la distancia, x . A continuación se indica un método para calcular esta «desviación pseudo-típica» de la variabilidad temporal σ_{T+} , ya que no aparece explícitamente en las Recomendaciones.

Para ciertos estudios de interferencia y compartición en que intervienen los servicios móviles, puede que sea necesario calcular la variabilidad combinada temporal y de emplazamientos. En esos casos, puede utilizarse

la aproximación de valor cuadrático medio para estimar la variabilidad combinada. Con objeto de obtener la «desviación pseudo-típica» de la variabilidad temporal, σ_{T+} , se utilizan los cuantiles del 10% del tiempo y el 50% del tiempo de las intensidades de campo [dB].

$$\sigma_{T+} = \frac{E(0.1, 0.5) - E(0.5, 0.5)}{1.282} \quad (4.6a)$$

o, en términos de los correspondientes cuantiles de las pérdidas de transmisión básicas en dB,

$$\sigma_{T+} = \frac{L_{bu}(0.5) - L_{bu}(0.1)}{1.282} \quad (4.6b)$$

Como se ha indicado anteriormente, la «desviación pseudo-típica» de la variabilidad temporal depende de la distancia del trayecto, por tanto debe evaluarse para cada distancia de interés.

La desviación típica combinada de tiempo y emplazamiento, σ_{tl} , se aproxima por la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones típicas de la variabilidad temporal, σ_{T+} , y la variabilidad de emplazamientos, σ_L :

$$\sigma_{tl} = \sqrt{\sigma_{T+}^2 + \sigma_L^2}. \quad (4.7)$$

Evaluación del servicio y la interferencia

En muchos servicios de radiocomunicaciones, es necesaria la reutilización de frecuencia para lograr un uso eficaz de una banda atribuida a un servicio. Además, si la extensión espectral de la banda atribuida rebasa la amplitud necesaria para soportar el funcionamiento de un solo canal, puede haber emisores de canal adyacente con alguna desviación de frecuencia procedente de la señal deseada de un emisor determinado. Un problema importante que puede surgir es la interferencia cocanal y de canal adyacente que podría aparecer procedente de múltiples transmisores funcionando en esta banda. Cuando una banda es compartida por diferentes servicios, también cabe la posibilidad de que se produzca interferencia entre servicios, aunque cada uno de los servicios esté libre de interferencia de manera individual.

- *D/U en un servicio*

Al considerar la interferencia dentro del servicio, un método común para estimar el efecto de la interferencia es la relación entre las intensidades de las señales deseada y no deseada (es decir, interferente), ya sea cocanal o de canal adyacente. Normalmente, pero no siempre, la interferencia cocanal es la más perjudicial de las dos y es el factor que limita la reutilización de frecuencias dentro del servicio. En este caso el punto de partida es que la señal deseada debe ser lo suficientemente intensa como para que su disponibilidad en términos de fracciones de tiempo sea lo suficientemente elevada como para juzgar el servicio aceptable o adecuado. Imaginando un servicio similar a la radiodifusión con una zona de cobertura omnidireccional, es natural ampliar la disponibilidad de la señal a fracciones de emplazamientos también y referirse a una zona de cobertura.

Existen dos hipótesis de instalación idealizadas relativas a la planificación del servicio. Actualmente, si el transmisor que proporciona la señal deseada tiene muy baja potencia y está aislado, sólo puede ampliarse la zona de cobertura incrementando la potencia del transmisor, dejando invariables el resto de parámetros del sistema. Se trata de un servicio limitado por el ruido. (De forma similar, en el caso de un solo trayecto bien definido, un incremento de la potencia del transmisor aumentaría la fracción de tiempo en que está disponible la señal deseada.) La única limitación en el tamaño de la zona de cobertura vendría determinada por restricciones prácticas de la potencia del transmisor.

Sin embargo, si la reutilización de frecuencia exige que el transmisor no esté aislado sino transmitiendo simultáneamente en la misma frecuencia con otros transmisores separados una cierta distancia, cada uno de los cuales tiene la libertad de incrementar la potencia con la que emite, es evidente que un aumento en la potencia de los transmisores puede ser contraproducente. Ello se debe a que la interferencia procedente de transmisores distantes invade las zonas de cobertura de otros transmisores y no se incrementa el tamaño de estas zonas de cobertura al aumentar la potencia de los transmisores. La relación entre las intensidades de las señales deseada y no deseada necesaria para proporcionar un servicio adecuado o satisfactorio (es decir, una disponibilidad del servicio en las fracciones deseadas de tiempo y emplazamientos) determina el tamaño de la zona de cobertura de un transmisor determinado. Se trata de un servicio limitado por la interferencia. Una consecuencia interesante de un servicio limitado por la interferencia es que no se obtiene ninguna ventaja incrementando la intensidad de la señal deseada *limitada por el ruido* en los límites de la zona de cobertura *limitada por la interferencia*.

Para ilustrar la forma de utilizar los modelos de propagación a fin de encontrar una gama «libre de interferencia» para un transmisor determinado en un servicio limitado por la interferencia, debe determinarse en primer lugar la fiabilidad requerida. En primer lugar, la relación entre las intensidades de las señales deseada y no deseada, R , rebasa el valor R_0 durante al menos el $q_L \times 100\%$ del tiempo. A continuación, se considera que este cuantil de tiempo debe rebasarse en el $R_0 q_L \times 100\%$ de emplazamientos. Si se adopta el punto de vista de un usuario de la señal deseada, una interpretación natural de un servicio adecuado o satisfactorio implica que $q_T, q_L \geq 0,5$. Lo anterior puede expresarse cuantitativamente como sigue:

$$R(x) = R(0.5, 0.5, x) + Y_{TR}(q_T) + Y_{LR}(q_L) \geq R \quad (4.8)$$

siendo x la distancia al transmisor deseado y las desviaciones vienen dadas por:

$$Y_{TR}(q_T) = R(q_T, q_L, x) - R(0.5, q_L, x) \quad (4.9a)$$

$$Y_{LR}(q_L) = R(0.5, q_L, x) - R(0.5, 0.5, x) \quad (4.9b)$$

Cuando la relación, R , se mide en dB ello supone la diferencia entre dos variables aleatorias independientes, la intensidad de la señal deseada en el emplazamiento x con respecto al transmisor deseado y las intensidades de la señal no deseada en el emplazamiento x' con respecto al transmisor no deseado. (Por ejemplo, $x' = s - x$, siendo s la distancia entre los transmisores deseado y no deseado.) Despreciando por ahora el término constante debido a distintas potencias del transmisor, las ganancias de antenas del transmisor y receptor, etc., se obtiene el término mediano global como

$$R(0.5, 0.5, x) \approx L_{bU}(0.5, 0.5, x') - L_{bD}(0.5, 0.5, x) \quad (4.10)$$

mientras que las desviaciones correspondientes se obtienen mediante pseudoconvolución:

$$Y_{TR}(q_T) = -[Y_{TD}^2(q_T) + Y_{TU}^2(1 - q_T)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.11a)$$

$$Y_{LR}(q_L) = -[Y_{LD}^2(q_L) + Y_{LU}^2(1 - q_L)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.11b)$$

donde los subíndices D y U se refieren a las estaciones deseada y no deseada, respectivamente; los signos negativos de la parte derecha son debidos a que se supone que $q_T, q_L \geq 0.5$ y se utilizan los cuantiles

complementarios para las señales no deseadas porque si los cuantiles de y_U son $Y_U(q)$, los cuantiles de $-y_U$ son $-Y_U(1-q)$. Las desviaciones individuales vienen dadas por:

$$Y_{TD}(q_T) = L_{bD}(q_T, q_L, x) - L_{bD}(0.5, q_L, x) \quad (4.12a)$$

$$Y_{TU}(1-q_T) = L_{bU}(1-q_T, 1-q_L, x') - L_{bU}(0.5, 1-q_L, x') \quad (4.12b)$$

$$Y_{LD}(q_L) = L_{bD}(0.5, q_L, x) - L_{bD}(0.5, 0.5, x) \quad (4.12c)$$

$$Y_{LU}(1-q_L) = L_{bU}(0.5, 1-q_L, x') - L_{bU}(0.5, 0.5, x') \quad (4.12d)$$

Si las pérdidas de transmisión básicas son monótonamente crecientes con la distancia, la gama «libre de interferencia» es $x \leq r$ donde $R(r) = R_0$, a lo largo de la línea que une los emplazamientos del transmisor deseado y el transmisor no deseado.

- *Compartición entre servicios (por ejemplo, C/I)*

En el ejemplo anterior se ha abordado la interferencia dentro del servicio observada en emplazamientos que pueden ser los lugares donde se intenta recibir una señal deseada en presencia de una señal no deseada. Un ejemplo práctico podría ser la determinación de la separación óptima de los transmisores de difusión cocanal para maximizar la cobertura «libre de interferencia» en una amplia región, tal como un país.

Otra hipótesis en la que puede aparecer interferencia es el caso en que dos o más servicios comparten espectro. En esta situación puede que el regulador deba establecer reglas para cada servicio a fin de asegurar una coexistencia «libre de interferencias». Al igual que antes, la idea «libre de interferencia» va ligada a una declaración de la fiabilidad necesaria para la relación de las intensidades de la señal; es decir, la relación entre la intensidad de la señal deseada, C , y la intensidad de la señal no deseada, o interferente, I , y puede utilizarse el método del punto anterior para analizar también estas hipótesis de interferencia. No obstante, teniendo en cuenta el hecho de que cuando la relación se mide en dB supone la diferencia de dos variables aleatorias independientes, la declaración de fiabilidad debe aplicarse a las señales deseada e interferente de manera coherente.

Por ejemplo, una declaración de fiabilidad que implique sólo un porcentaje de tiempo, que puede aplicarse a un enlace que tenga fijos los emplazamientos de ambos terminales, debe generalizarse al considerar la interferencia causada por una estación móvil a un enlace fijo. En este caso, el cuantil complementario de la desviación para la señal no deseada debe aplicarse a la variabilidad *combinada* de tiempo y emplazamientos. Para la interferencia en el sentido opuesto, es decir la interferencia causada por el enlace fijo a la estación móvil, la declaración de fiabilidad para la señal deseada implicaría un porcentaje de tiempo y emplazamientos combinado. El cuantil complementario de la señal no deseada implicaría a las variabilidades *combinadas* de tiempo y emplazamientos en vez de la variabilidad temporal únicamente.

Como segundo ejemplo, considérese una estación de radiodifusión en compartición con una estación móvil. Para la interferencia móvil causada al receptor de radiodifusión, la fiabilidad de la señal deseada se indicaría en el cuantil doble de la variabilidad en el tiempo y de emplazamientos. El cuantil complementario para la señal móvil no deseada debe encontrarse también en el cuantil doble. Para la interferencia en sentido opuesto, del transmisor de radiodifusión a la estación móvil, la declaración de fiabilidad para la señal deseada sería en términos del cuantil de la fracción *combinada* de tiempo y emplazamientos, de manera que el cuantil complementario para la señal de radiodifusión no deseada debe expresarse en términos de la fracción *combinada* de tiempo y emplazamiento.

En algunos casos, en los que sólo se desea determinar la variabilidad de las señales interferente o no deseada, deben considerarse únicamente los cuantiles complementarios. Por ejemplo, para una estación de radioastronomía, puede hacerse la declaración de que la interferencia sólo debe rebasar un umbral especificado durante el $q_T \times 100$ del tiempo. En este caso, el significado de servicio «libre de interferencia»

corresponde al $(1 - q_T) \times 100\%$ de disponibilidad en el tiempo/fiabilidad de la señal deseada y la interpretación natural de un servicio adecuado o satisfactorio es $q_T \leq 0.5$.

4.3 Criterios de protección contra la interferencia

El criterio de protección contra la interferencia (IPC) es un nivel relativo o absoluto de la señal interferente definido a la entrada del receptor, en condiciones especificadas, de manera que no se rebase la degradación admisible de la calidad de funcionamiento. Normalmente se define como un nivel de potencia de interferencia absoluto I , una relación de potencias interferencia/ruido (I/N) o una relación de potencias portadora/señal interferente (C/I). Los IPC se especifican para señales de interferencia combinada; es decir, el total de todas las señales interferentes o la señal interferente procedente de una sola fuente. Los IPC combinados se obtienen generalmente a partir de los objetivos de calidad de funcionamiento y pueden utilizarse para definir el entorno de la señal interferente en el diseño del sistema. Los IPC procedentes de una sola fuente se obtienen a partir de los IPC combinada y se utilizan como cierta forma de criterio de compartición, como la compartición del espectro.

Los IPC dependen del tipo específico de señal interferente y generalmente se especifican para unos pocos tipos de señal genéricos tales como la onda continua (CW), las señales similares al ruido, los pulsos y los impulsos. Algunos también se especifican como de corto plazo, de largo plazo y el mismo que la señal deseada. Existen algunos otros parámetros generalmente necesarios para especificar completamente los IPC. Se trata del umbral de potencia, la anchura de banda de referencia, el porcentaje de tiempo y de emplazamientos y otras condiciones especiales, caso de existir. Un examen de los IPC especificados para distintos tipos de servicio sugiere la siguiente tendencia: IPC expresados como una gama de I/N desde -12 dB hasta -6 dB e IPC expresados como una gama de C/I desde 12 dB hasta 20 dB. En el Cuadro 4.3-1 aparecen ejemplos de IPC especificados en varias Recomendaciones UIT-R.

CUADRO 4.3-1

Ejemplos de criterios de protección contra la interferencia en las Recomendaciones UIT-R

Tipo de servicio	Criterio de protección contra la interferencia	Referencia
Servicio fijo – Distinto de interferencia de radar	$I/N \leq -6$ dB	UIT-R F.1334
Servicio fijo – Interferencia de radar (radar terrestre fijo y transportable)	$I_{PK}/N \leq 0$ dB	UIT-R F.1190
Servicio fijo – Interferencia de radar (radar marítimo y móvil terrestre)	$I_{PK}/N \leq 10$ dB	UIT-R F.1190
Servicio fijo por satélite	I/N (una sola fuente) ≤ -12 dB	UIT-R S.735, UIT-R S.1323 UIT-R S.1432
	$C/I \geq 27$ dB combinada (Regiones 1 y 3)	Apéndice 30A del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT
	$C/I \geq 30$ dB una sola fuente (Tierra-espacio) $C/I \geq 26,65$ dB una sola fuente (espacio-Tierra) $C/I \geq 21$ dB combinada (global, incluido el enlace ascendente y el enlace descendente en Tierra)	Apéndice 30B del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT
Servicio de radiodeterminación ($f = 2\,700$ - $2\,900$)	$I/N \leq -10$ dB	UIT-R M.1464

CUADRO 4.3-1 (fin)

Tipo de servicio	Criterio de protección contra la interferencia	Referencia
Servicio de radiodeterminación (el resto de bandas)	$I/N \leq -6$ dB	UIT-R M.1461
Servicio de radiodifusión por satélite	$C/I \geq 21$ dB combinada (Regiones 1 y 3) $C/I \geq 28$ dB combinada (Region 2)	Apéndice 30 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT
Servicio de radiodifusión terrenal	$I \leq 1\%$ potencia de ruido recibido total (emisiones sin la correspondiente asignación de frecuencia) $I \leq 10\%$ potencia de ruido recibido total (emisiones de servicios de radiocomunicaciones con la correspondiente atribución a título igualmente primario).	UIT-R BT.1895
Móvil terrestre	$I \leq -117$ dBW combinada en interiores $I \leq -119$ dBW combinada en exteriores	UIT-R M.687
Servicio móvil por satélite OSG	$I/N \leq -7$ dB combinada $I/N \leq -12$ dB una sola fuente	UIT-R M.1183
Servicio móvil por satélite no OSG	$I \leq -142.1$ dBW combinada $I \leq -146.2$ dBW una sola fuente, espacio-Tierra $I \leq -147.3$ dBW una sola fuente, terrenal	UIT-R M.1231 UIT-R M.1232
Servicio móvil aeronáutico por satélite	$I/N \leq -7$ dB combinada $I/N \leq -12$ dB una sola fuente	UIT-R M.1234
Servicio de investigación espacial cercano a la Tierra: espacio-Tierra	$I \leq -216$ dB (W/Hz) para 1-20 GHz Tierra $I \leq -156$ dB (W/MHz) por encima de 20 GHz Tierra	UIT-R SA.609
Servicio de investigación espacial cercano a la Tierra: Tierra-espacio	$I \leq -177$ dB (W/kHz)	UIT-R SA.609
Servicio de investigación espacial en espacio lejano: espacio-Tierra	$I \leq -222$ dB(W/Hz) en bandas próximas a 2 GHz $I \leq -221$ dB(W/Hz) en bandas próximas a 8 GHz $I \leq -220$ dB(W/Hz) en bandas próximas a 13 GHz $I \leq -217$ dB(W/Hz) en bandas próximas a 32 GHz	UIT-R SA.1157
Servicio de investigación espacial en espacio lejano: Tierra-espacio	$I \leq -193$ dB(W/20 Hz) en bandas próximas a 2 GHz $I \leq -190$ dB(W/20 Hz) en bandas próximas a 7 GHz $I \leq -186$ dB(W/20 Hz) en bandas próximas a 17 GHz $I \leq -183$ dB(W/20 Hz) en bandas próximas a 34 GHz	UIT-R SA.1157
Servicio de investigación espacial, bandas de 37 y 40 GHz (enlaces espacio-Tierra)	$I/N \leq -6$ dB	UIT-R SA.1396
Servicio de investigación espacial, bandas de 37 y 40 GHz (enlaces Tierra-espacio)	$I/N \leq 0$ dB	UIT-R SA.1396
Satélite de retransmisión de datos fuera de la Banda S	$I \leq -178$ dBW	UIT-R SA.1155
Satélite de retransmisión de datos en la Banda S	$I \leq -181$ dBW	UIT-R SA.1274
Sistemas de operaciones espaciales enlaces espacio-Tierra	$I \leq -184$ dBW	UIT-R SA.363
Sistemas de operaciones espaciales enlaces Tierra-espacio	$C/I \geq 20$ dB	

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE LOS MODELOS Y MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES UIT-R DE LA SERIE P PARA EVALUAR LA COMPARTICIÓN Y LA INTERFERENCIA

5.1 Introducción

La selección de un modelo de propagación aplicable para su utilización en un análisis técnico se basa en los diferentes efectos de propagación necesarios en un trayecto de propagación como se ha discutido en los capítulos precedentes. Los modelos se basan en las Recomendaciones y métodos de predicción desarrollados por la Comisión de Estudio 3 del UIT-R. El presente capítulo proporciona una descripción detallada de la selección de modelos de propagación específicos (véase en el Capítulo 3 una breve Guía de modelos de propagación). Este capítulo describe con detalle los distintos modelos y métodos de propagación a los que hace referencia el presente Manual.

5.2 Recomendación UIT-R P.452

La Recomendación UIT-R P.452 contiene un método de predicción para evaluar la interferencia de microondas entre estaciones situadas sobre la superficie de la Tierra en frecuencias comprendidas en la gama de 0,7 GHz a 50 GHz. El modelo se refiere estrictamente a dos estaciones sobre la superficie de la Tierra que funcionan con un trayecto de propagación punto a punto o con visibilidad directa. Los efectos de propagación considerados en dicha Recomendación implican mecanismos de propagación en cielo despejado y mecanismos de propagación con dispersión por hidrometeoros. Los mecanismos de propagación en cielo despejado de esta Recomendación incluyen la propagación con visibilidad directa, la difracción, la propagación por conducto y las pérdidas por ecos parásitos. El método evalúa la intensidad de campo producida en el receptor cuando una señal radioeléctrica se propaga de una estación de radiocomunicaciones a otra y no incluye un método para calcular la interferencia producida por esta señal radioeléctrica. Sin embargo, pueden abordarse los problemas de interferencia haciendo uso de la referida Recomendación UIT-R P.452 cuando puede aparecer interferencia entre estaciones de radiocomunicaciones por microondas situadas en la superficie de la Tierra utilizando la intensidad de campo calculada por el modelo y un análisis del enlace de radiocomunicaciones básico para determinar los resultados de la interferencia entre el transmisor y el receptor.

El método de la Recomendación UIT-R P.452 incluye un conjunto complementario de modelos de propagación que garantiza que las predicciones tienen en cuenta todos los mecanismos de propagación de la interferencia significativos que pueden aparecer. Para utilizar el método, se utilizan como punto de partida del modelo un conocimiento específico y una base de datos del perfil del trayecto del terreno entre el transmisor y el receptor. Adicionalmente, se incluye un factor de corrección en el método para evaluar las pérdidas por ecos parásitos en algún extremo del trayecto o en ambos, cuando se conocen las características del eco parásito. La Recomendación proporciona un modelo para calcular las pérdidas adicionales por ecos parásitos hasta un máximo de 20 dB por encima de 0,9 GHz y un mínimo de 5 dB a 0,1 GHz.

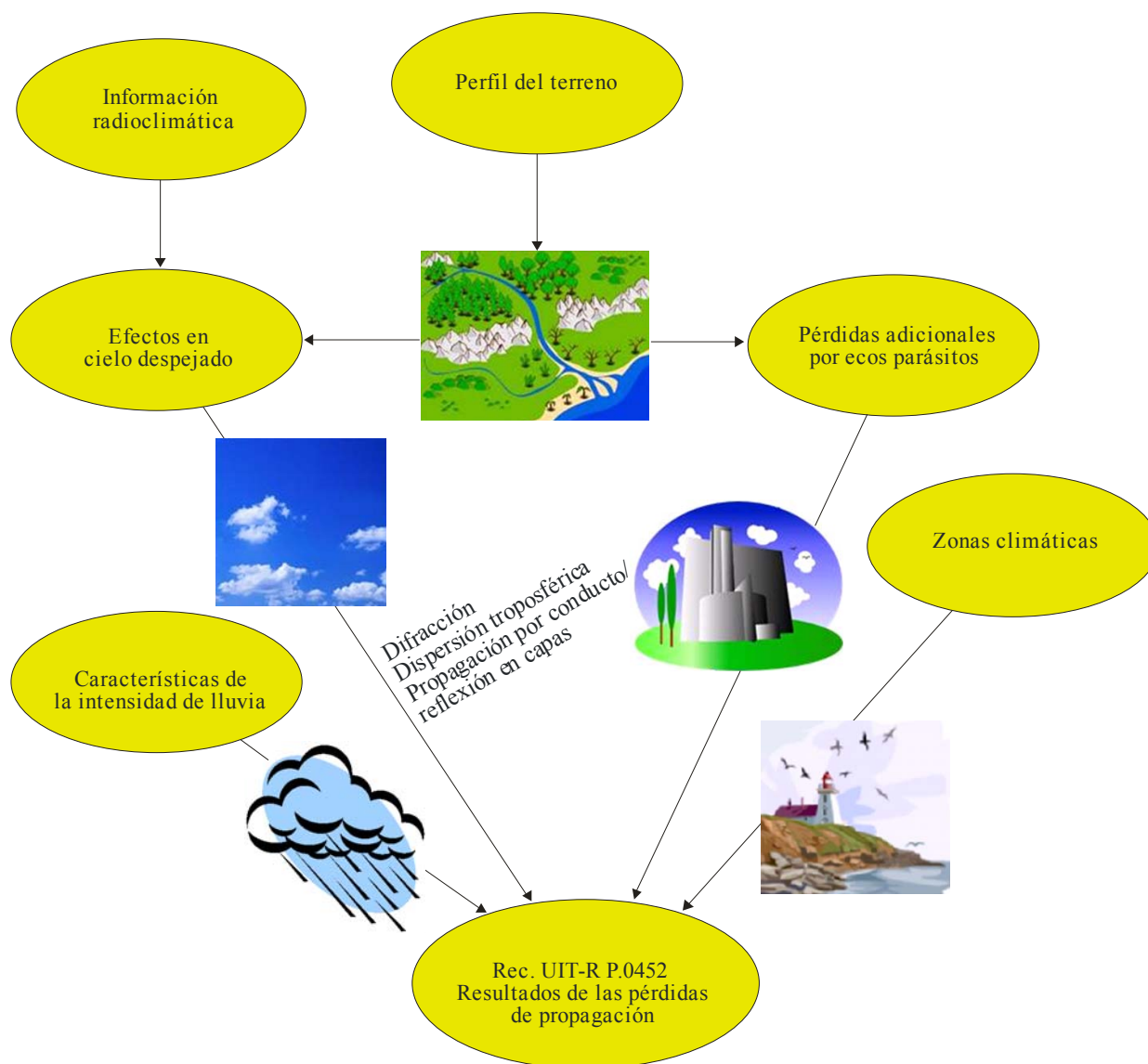
Los métodos del perfil del trayecto del terreno y del eco parásito para analizar las características radiometeorológicas y topográficas del trayecto figuran en el modelo, de manera que pueden realizarse predicciones para cualquier trayecto de interferencia práctico que caiga dentro del ámbito del procedimiento hasta una distancia límite de 10 000 km. El procedimiento para determinar los efectos meteorológicos se ha definido completamente como métodos separados para predicción de la interferencia en condiciones de cielo despejado y con dispersión por hidrometeoros (lluvia y nubes). Como el método puede analizar muchos tipos y combinaciones de trayectos de interferencia, puede llevar a cabo un análisis detallado del perfil del trayecto del terreno y tiene la capacidad de analizar pérdidas adicionales debidas a los ecos parásitos, la

Recomendación UIT-R P.452 es una solución interesante para analizar los casos de interferencia entre dos estaciones situadas sobre la superficie de la Tierra.

La Fig. 5.2 representa de manera general los diversos mecanismos de propagación considerados en la citada Recomendación UIT-R P.452.

FIGURA 5.2

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.452



PPM. 05.2

5.3 Recomendación UIT-R P.528

La Recomendación UIT-R P.528 presenta un conjunto de curvas relativas a los valores medianos de las pérdidas de transmisión básicas en la gama de 125 MHz a 15,5 GHz para alturas de antena que incluyen servicios aeronáuticos y por satélite. La citada Recomendación es válida para enlaces suelo-aire, aire-aire, suelo-satélite, aire-satélite y satélite-satélite. Las curvas de la Recomendación se han obtenido del modelo IF77 que es un modelo semiempírico desarrollado para enlaces aeronáuticos. La Recomendación

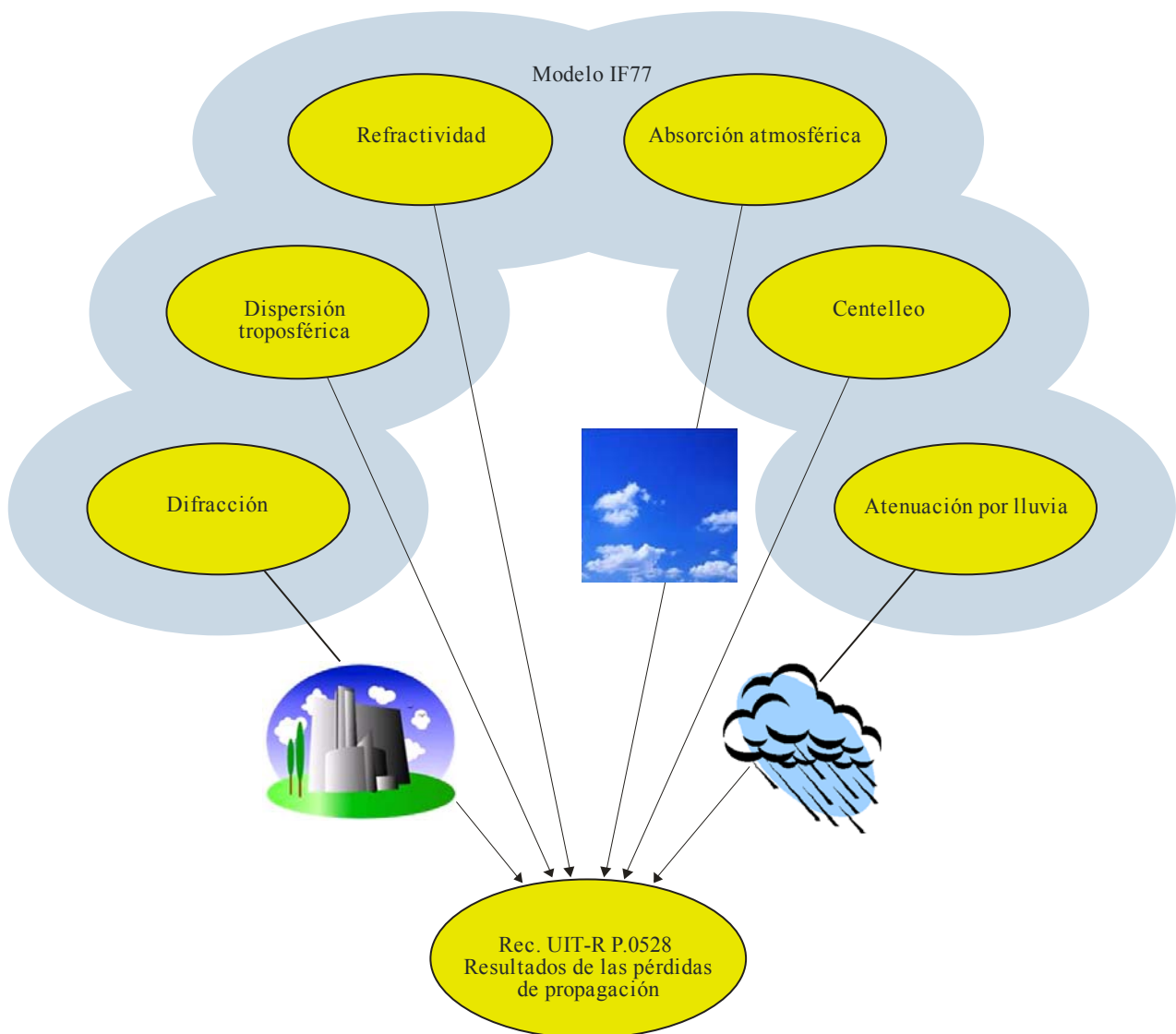
también incluye un método para calcular las distancias de separación entre estaciones interferentes (para realizar este cálculo se necesita conocer la potencia transmitida y las ganancias de transmisión para las antenas de transmisión y recepción de cada sistema). La Recomendación indica que los datos utilizados para trazar estas curvas corresponden a un clima templado continental y no deben utilizarse para otros tipos de climas.

Los datos de partida para la Recomendación incluyen las alturas de las dos antenas, la frecuencia, la distancia y el porcentaje de tiempo. Esta Recomendación no necesita datos sobre el terreno.

La Recomendación UIT-R P.528 se utiliza para determinar el valor mediano de las pérdidas de transmisión básicas y las distancias de separación en los enlaces aeronáuticos y por satélite sin necesidad de contar con los datos del terreno.

FIGURA 5.3

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.528



5.4 Recomendación UIT-R P.533

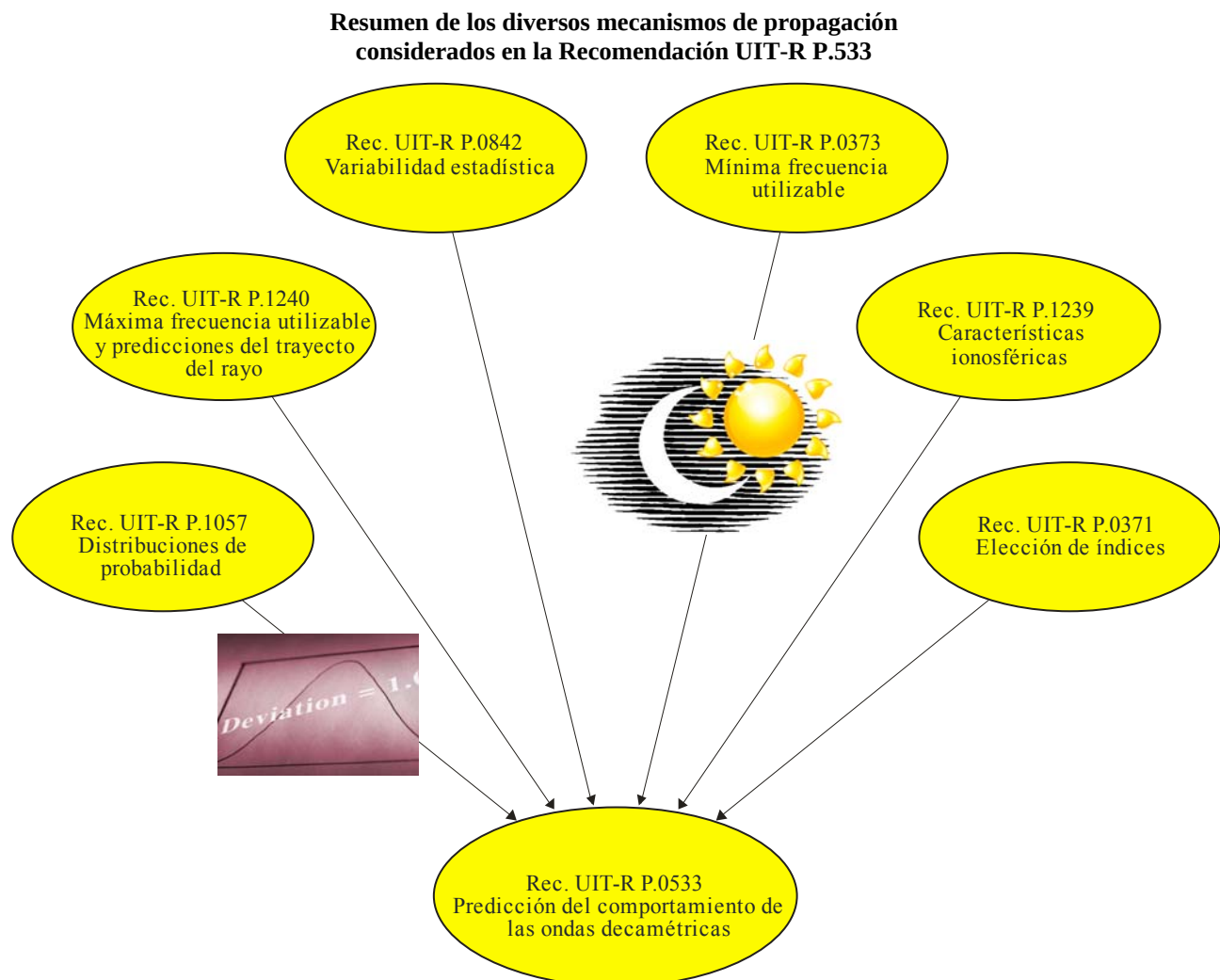
Esta Recomendación presenta métodos para predecir las frecuencias disponibles, los niveles de la señal y la fiabilidad prevista para los sistemas con modulación analógica y digital en ondas decamétricas. La Recomendación tiene en cuenta no sólo la relación señal/ruido sino también las dispersiones esperadas de tiempo y frecuencia del canal. Este procedimiento de predicción se aplica a los análisis del trayecto del rayo para longitudes de trayecto de hasta 7 000 km, a las formulaciones empíricas del modo combinado del ajuste a los datos medidos más allá de 9 000 km y a una transición suave entre estos dos métodos en la gama de distancias 7 000-9 000 km.

Se determinan el valor mediano mensual de la MUF básica, la intensidad de campo de la onda ionosférica incidente y la potencia del receptor disponible de una antena receptora sin pérdidas. El método incluye una estimación de los parámetros de la función de transferencia de canal para emplearla en la predicción de la calidad de funcionamiento de los sistemas digitales. Se dan métodos para evaluar la fiabilidad del circuito. Las intensidades de señal se normalizan con relación al banco de datos de mediciones del UIT-R. El método exige la determinación de un cierto número de características ionosféricas y parámetros de propagación en «puntos de control» especificados.

En las regiones ecuatoriales, en las horas vespertinas (hora local) es posible que aparezcan distorsiones en los resultados previstos debido a las inestabilidades estructurales regionales de la ionosfera que no han sido tenidas completamente en cuenta en este método.

La Fig. 5.4 presenta una visión general de los mecanismos considerados en la Recomendación UIT-R P.533.

FIGURA 5.4



PPM. 05.4

5.5 Recomendación UIT-R P.619

La Recomendación UIT-R P.619 describe la evaluación de la interferencia entre estaciones sobre la superficie de la Tierra y las estaciones en el espacio, entre estaciones espaciales en el mismo sistema y entre estaciones espaciales que no se encuentran en el mismo sistema. La Recomendación considera cuatro trayectos de propagación posibles y resume las diversas condiciones de propagación que pueden existir en estos trayectos; además dirige al lector a la Recomendación UIT-R apropiada para calcular el resultado de dicha condición. A continuación se indican los cuatro trayectos de propagación considerados en la citada Recomendación:

- Transmisión desde una estación espacial de un sistema que causa interferencia a la recepción de una estación terrena de otro sistema.
- Transmisión desde una estación terrena de un sistema espacial que causa interferencia a la recepción de una estación espacial de otro sistema.
- Transmisión desde una estación espacial que causa interferencia a la recepción de una estación terrenal.

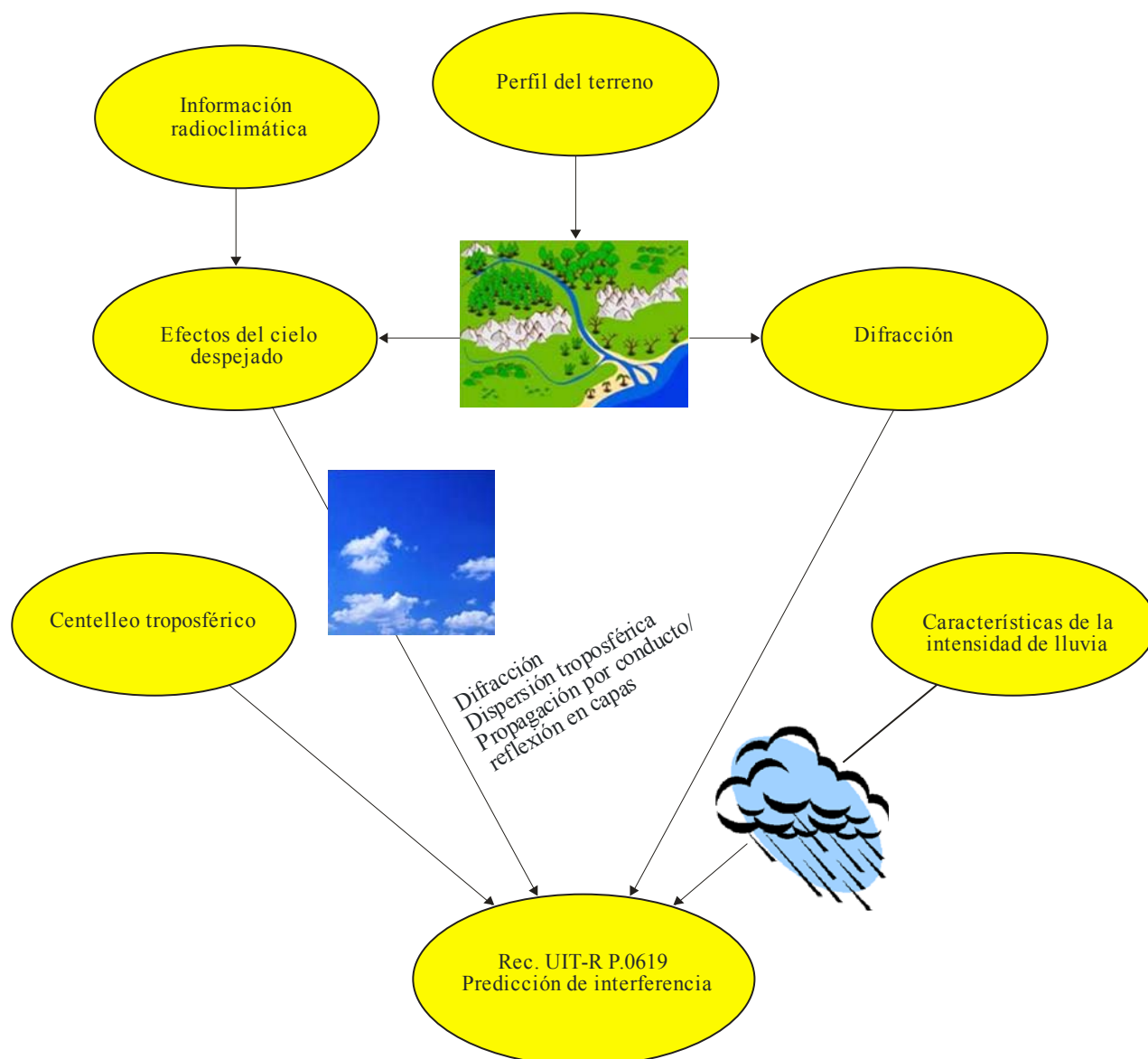
- Transmisión desde una estación terrenal que causa interferencia a la recepción de una estación espacial.

Los tres principales mecanismos de propagación considerados en la Recomendación son propagación en cielo despejado, dispersión por precipitación y atenuación diferencia en trayectos Tierra-espacio adyacentes. Esta Recomendación no proporciona al usuario un método claro paso a paso para determinar la interferencia entre estaciones o incluso unas pérdidas de propagación entre estaciones, como hacen otras Recomendación de la serie P discutidas en este Manual. La Recomendación UIT-R P.619 dirige al lector hacia los efectos de propagación apropiados y a las pertinentes Recomendaciones UIT-R de la serie P para calcular el mecanismo de propagación adecuado a fin de evaluar de manera eficaz la interferencia entre estaciones terrenales y espaciales haciendo referencia a otras Recomendaciones UIT-R.

Como se indicó previamente, la Recomendación UIT-R P.619 no presenta una clara solución paso a paso a un problema de interferencia sino que dirige al lector a las Recomendaciones UIT-R adecuadas para calcular las condiciones de propagación a lo largo de una conjunto de trayectos. Por tanto, en el contexto del presente Manual sería difícil ofrecer una hipótesis de compartición válida para las diversas aplicaciones de la Recomendación UIT-R P. 619 y, en consecuencia, no se incluyen.

La Fig. 5.5 presenta una visión general de los mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.619.

FIGURA 5.5

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.619

PPM. 05.5

5.6 Recomendación UIT –R P.620

La Recomendación UIT-R P.620 describe un método para evaluar los mecanismos de propagación que intervienen en el cálculo de las distancias de coordinación. La determinación de estas distancias en el método se basa en el cálculo de las pérdidas de transmisión requeridas a través de los mecanismos de propagación entre una estación terrena y estaciones terrenales. La distancia de coordinación es, por tanto, la pérdida de propagación igual a las mínimas pérdidas de transmisión básicas permisibles, no rebasadas durante un determinado porcentaje de tiempo al año. El método de la Recomendación UIT-R P.620 proporciona una solución paso a paso para calcular la distancia de coordinación basada en unos requisitos mínimos de pérdidas de propagación.

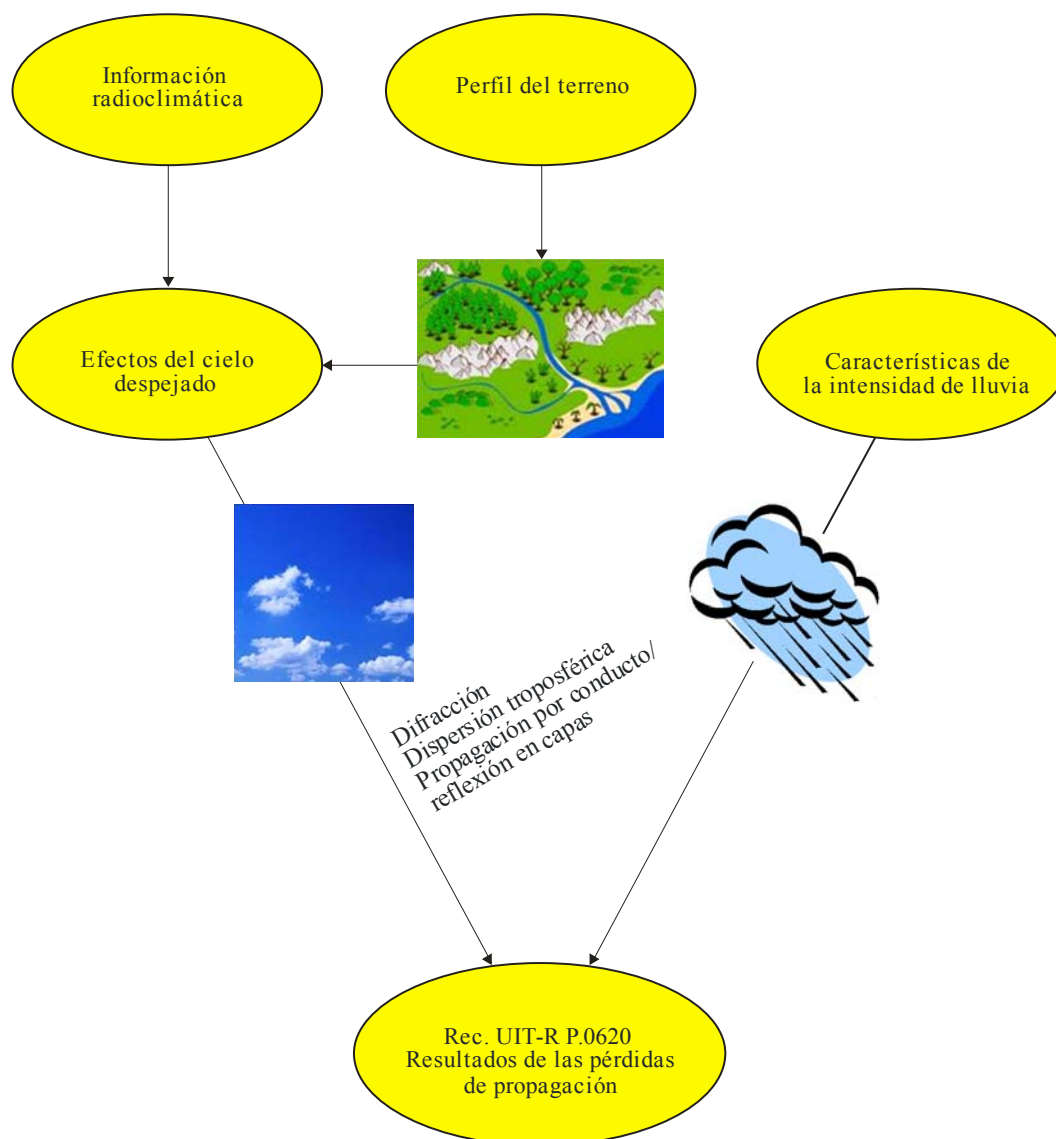
La Recomendación determina las distancias de coordinación calculando mediante iteración las pérdidas de propagación utilizando los mecanismos de propagación hasta que se logren las pérdidas de transmisión requeridas o se alcance una distancia límite. Los mecanismos de propagación empleados en el método se clasifican en dos modos, propagación en cielo despejado y dispersión por hidrometeoros. El modo propagación en cielo despejado considera los mecanismo de propagación de difracción, refracción,

propagación por conducto, dispersión troposférica y reflexión en las capas. El modo de propagación de dispersión por hidrometeoros se limita a las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios. Un requisito para la utilización de este método es un conocimiento básico de las características del terreno en la dirección considerada para la coordinación. La Recomendación UIT-R P.620 calcula las distancias de coordinación cuando se dispone de los emplazamientos y de la información relativa a una estación terrena y se ignoran los emplazamientos de las estaciones terrenales con las que se pretende coordinar.

La Fig. 5.6 presenta una visión general de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.620.

FIGURA 5.6

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.620



PPM. 05.6

5.7 Recomendación UIT-R P.1546

La Recomendación UIT-R P.1546 describe un método para realizar predicciones de la propagación radioeléctrica punto a zona en los servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 000 MHz. Está destinada a su utilización en circuitos radioeléctricos sobre trayectos terrestres, trayectos marítimos y/o trayectos mixtos tierra-mar con una longitud entre 1 y 1 000 km y para alturas efectivas de antenas

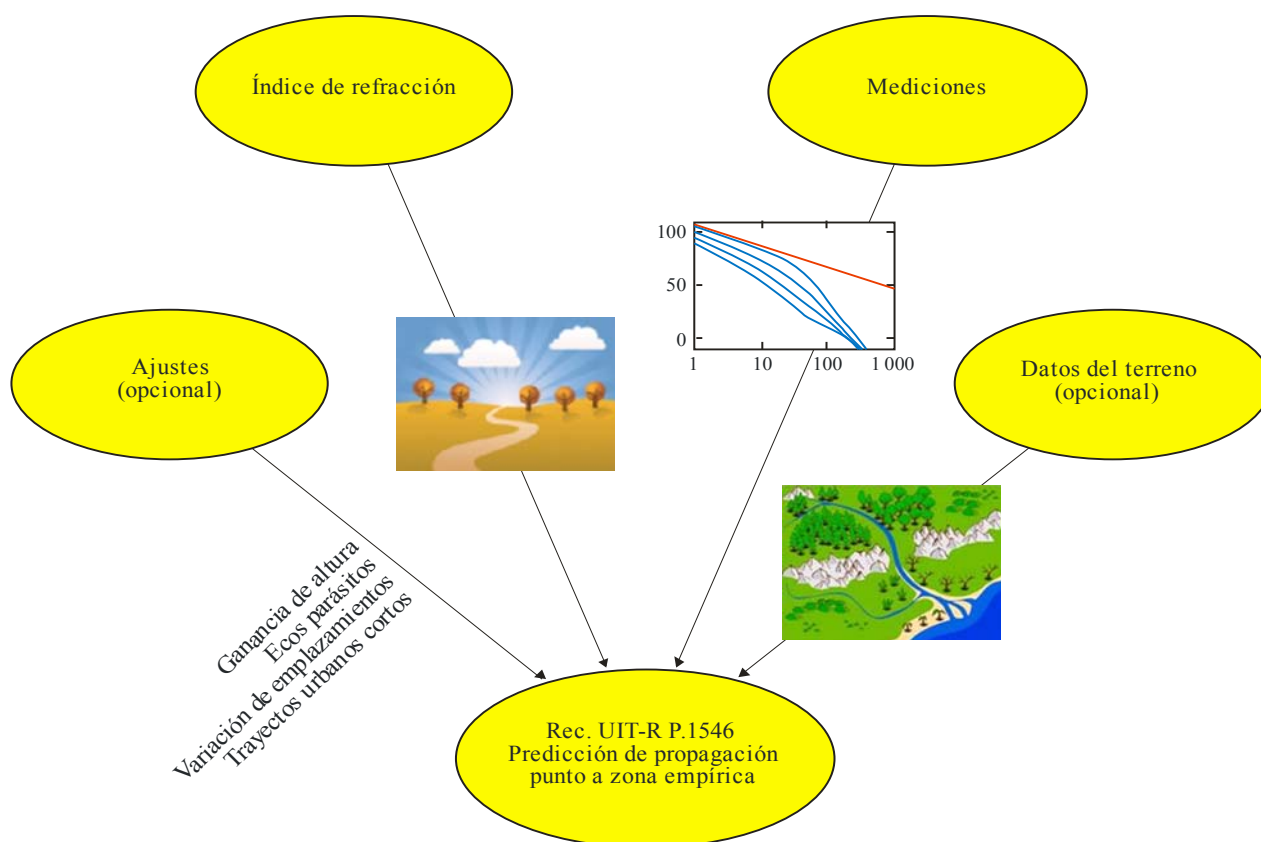
transmisoras inferiores a 3 000 m. La Recomendación consta de un conjunto de curvas de intensidad de campo obtenidas en función de la distancia, la altura de la antenna, la frecuencia y el porcentaje de tiempo. Estas curvas se basan en los datos de mediciones realizadas en el Mar del Norte y en el Mediterráneo. Los datos de los trayectos terrestres proceden de Europa y de América del Norte. Las curvas son valores representativos para una potencia radiada aparente de 1 kW. Se proporcionan instrucciones para interpolar las curvas con objeto de obtener los valores de intensidad de campo para cualquier frecuencia requerida, altura de antenna o tipo de trayecto determinados.

Las curvas de la Recomendación se basan en datos de medición obtenido en regiones de climas templados, durante un conjunto de periodos de tiempo, utilizando unos criterios predeterminados para las antenas de transmisión y recepción. La Recomendación proporciona un método de interpolación por parte del usuario para adaptar las curvas de propagación a sus conjuntos de condiciones de propagación. Como el método se basa en curvas de propagación, creadas mediante datos medidos, se tienen en cuenta en dichas curvas los datos de ecos parásitos. Sin embargo, como las curvas se basan en un conjunto de condiciones de propagación predominantes durante el tiempo de medición, no todas las condiciones de propagación y las condiciones precisas de las antenas de transmisión y recepción pueden tenerse en cuenta en los análisis de propagación. La Recomendación UIT-R P.1546 proporciona predicciones rápidas de pérdidas de propagación para una hipótesis punto a zona basadas en datos medidos en condiciones reales.

La Fig. 5.7 presenta una visión general de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.1546.

FIGURA 5.7

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.1546



5.8 Recomendación UIT-R P.1812

La Recomendación UIT-R P.1812 describe un método de predicción de la propagación adecuado para los servicios terrenales punto a punto o punto a zona en la gama de frecuencias de 30 MHz a 3 GHz para la evaluación detallada de los niveles de señal rebasados durante un determinado porcentaje de tiempo, $p\%$, en la gama $1\% \leq p \leq 50\%$ y un determinado porcentaje de emplazamientos, p_L en la gama ($1\% \leq p_L \leq 99\%$). El método también se basa en los análisis del perfil del terreno de un trayecto. Este método puede utilizarse para predecir la zona de servicio y la disponibilidad de un nivel de señal deseada (cobertura) y las reducciones de esta zona de servicio y esta disponibilidad debido a señales indeseadas cocanal y/o de canal adyacente (interferencia).

El método se describe en primer lugar en términos del cálculo de las pérdidas de transmisión básicas (dB) no rebasadas durante el $p\%$ del tiempo por el valor mediano de los emplazamientos. A continuación se caracterizan la variabilidad de emplazamientos y los elementos de pérdidas de entrada en el edificio con respecto a los emplazamientos del receptor. Posteriormente se indica un procedimiento para convertir en intensidad de campo eléctrico (dB(μ V/m)) una potencia radiada aparente de 1 kW.

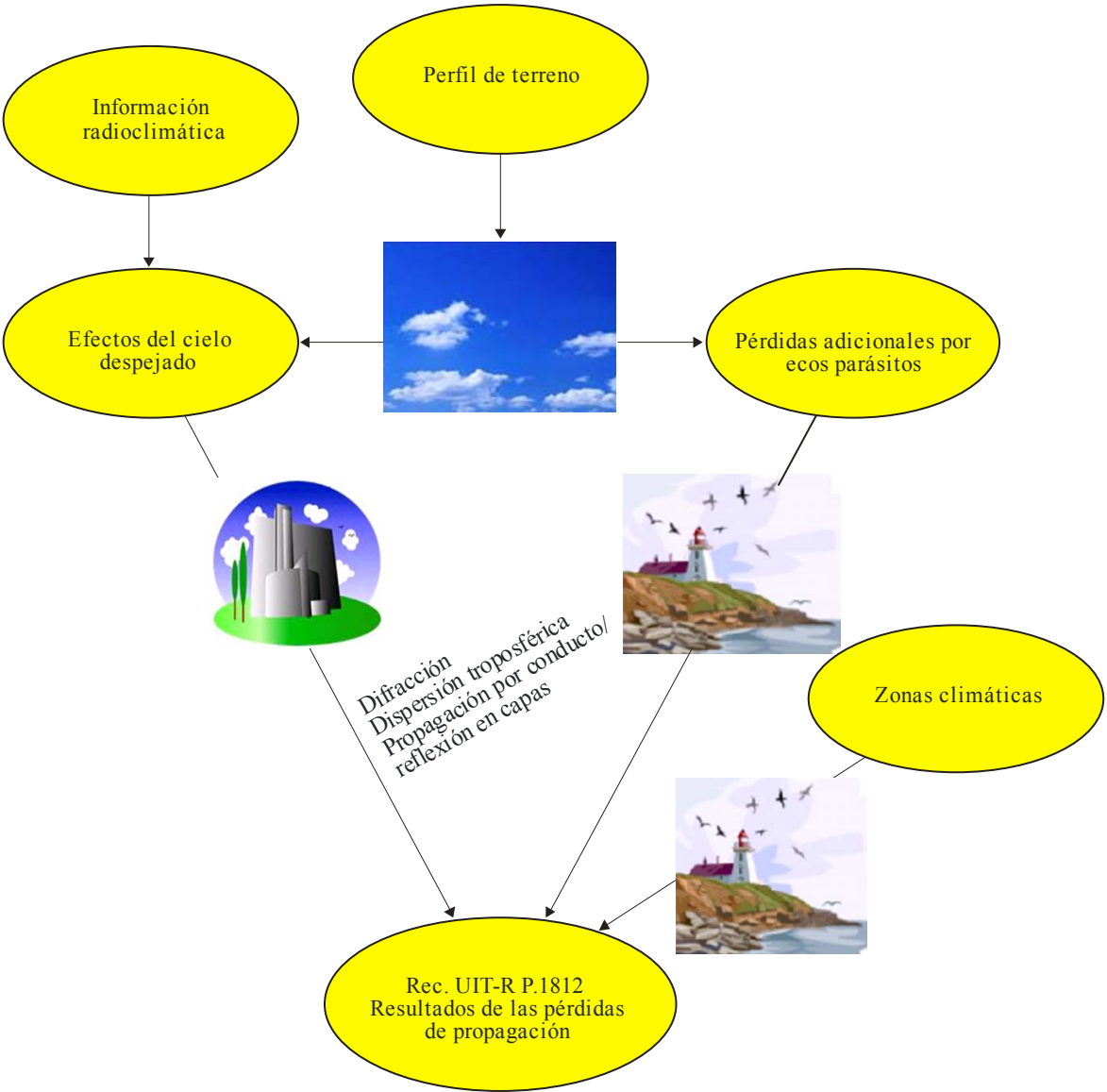
Este método está destinado fundamentalmente a su utilización con sistemas que tienen antenas de baja ganancia. Sin embargo, el cambio de precisión cuando se emplean antenas de alta ganancia sólo afecta al elemento troposférico del método global y la variación en las predicciones es pequeña. Por ejemplo, incluso con antenas de 40 dBi en ambos extremos del enlace, la sobrestimación de las señales por dispersión troposférica únicamente será de 1 dB aproximadamente.

El método de predicción de la propagación en esta Recomendación es específico al trayecto. Las predicciones punto a zona utilizando este método constan de series de muchas predicciones punto a punto (es decir, transmisor punto a receptor multipunto) uniformemente distribuidas en zonas de servicio ficticias. El número de puntos debe ser lo suficientemente elevado como para asegurar que los valores previstos de pérdidas de transmisión básicas o de intensidades de campo así obtenidos son estimaciones razonables de los valores medianos, con respecto a los emplazamientos de las correspondientes cantidades para las zonas elementales que representan.

La Fig. 5.8 presenta una visión general de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.1812.

FIGURA 5.8

Resumen de los diversos mecanismos de propagación considerados en la Recomendación UIT-R P.1812



CAPÍTULO 6

HIPÓTESIS DE COMPARTICIÓN REPRESENTATIVAS PARA LOS MÉTODOS Y MODELOS DE PROPAGACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES UIT-R DE LA SERIE P

Este capítulo presenta las bases y el contexto para la utilización de un método/modelo proporcionando hipótesis de compartición que pueden analizarse mediante los métodos y modelos de propagación discutidos en el presente Manual. Algunas de las hipótesis de compartición que figuran en este capítulo representan un estudio histórico de colaboración mediante declaraciones de coordinación entre la Comisión de Estudio 3 y otras Comisiones de Estudio. Cuando se consideró que una declaración de coordinación era pertinente a un modelo de propagación en particular, se identificó el vínculo entre las declaraciones y la hipótesis de compartición correspondientes. El capítulo presenta los estudios de compartición y el uso representativo de los modelos discutidos en el Manual.

El Apéndice B contiene un cuadro documentado sobre los vínculos de las Declaraciones de Coordinación entre la Comisión de Estudio 3 y otras Comisiones de Estudio del UIT-R. Estas declaraciones de coordinación identifican el contexto histórico sobre la necesidad del presente Manual a fin de ayudar a las comisiones de Estudio interesadas a utilizar los modelos de las Recomendaciones UIT-R de la serie P para los estudios de interferencia y compartición.

6.1 Recomendación UIT-R P.452, hipótesis de compartición

Hipótesis de compartición/RFI de una estación del SIE por una estación terrena VSAT fija.

Antecedentes

Últimamente se han hecho progresos en el establecimiento de una nueva estación terrena del SIE comunicándose con la red del sistema de satélites de seguimiento y retransmisión de datos (TDRSS). La nueva estación terrena está situada en un emplazamiento a 50 km de una zona metropolitana importante. Existe una gran preocupación sobre la interferencia provocada a una estación terrena del SIE por las estaciones terrenas VSAT recientemente propuestas que pueden estar situadas en las proximidades de la nueva estación terrena del SIE.

Las Reglas de la FCC, parte 47, § 25.222(d) requieren la coordinación de las operaciones en un radio de 125 km desde la estación terrena del TDRSS. Se planteó el problema entre los diferentes operadores de estaciones terrenas VSAT de que una distancia de separación de 125 km degradaría significativamente el funcionamiento, especialmente en las proximidades de la estación terrena del SIE, que se encuentra a unos 50 km de una zona metropolitana importante, un gran mercado potencial para los operadores de estaciones terrenas a bordo de barcos (ETB) y de estaciones terrenas en vehículos (ETV). El problema de coordinación supone determinar la mínima distancia de separación aceptable desde la estación terrena del SIE a una estación terrena VSAT.

Motivos de la utilización de la Recomendación UIT-R P.452

Se eligió la Recomendación UIT-R P.452 porque se trata de un modelo bien adaptado al estudio de los enlaces de propagación Tierra-Tierra entre una estación terrena VSAT y una estación terrena del SIE. La Recomendación UIT-R P.452 también es adecuada para modelar varias consideraciones de propagación tales como el terreno y el criterio del porcentaje de tiempo para la hipótesis de la estación terrena del SIE.

*Hipótesis de coordinación***Gama de frecuencias**

TDRSS 13,4-14,05 GHz con enlaces ascendentes del SFS en la banda 14,0-14,5 GHz.

Parámetros del Rx del SIE

Parámetro	Valor
Emplazamiento	38,409, -77,107
Altura de la antena del Rx	11,35 m
Diámetro de la antena del Rx	16,5 m
Ganancia de cresta de la antena del Rx	65 dB
Diagrama de antena del Rx	UIT-RR APS8
Satélite del TDRSS operacional	TDRS 12 W
Frecuencia	14,0 GHz
Criterio de la RFE «En la banda» (Rec. UIT-R SA.1155)	-146 dB(W/MHz)
Criterio del porcentaje de tiempo (Rec. UIT-R SA.1155)	0,1%

Hipótesis de la fuente de interferencia de la estación terrena fija VSAT

Parámetro	Valor
Emplazamiento	38,863, -77,067
Altura de la antena del Tx	2,5 m
Ganancia de la antena del Rx	0 dB
p.i.r.e. del Tx de un solo terminal	12,5 dB(W/MHz)
Frecuencia	14,0 GHz

Hipótesis de modelo

- La zona alrededor de la estación terrena del SIE contiene variaciones de la altura del terreno, de manera que éste debe considerarse como un factor de modelado de la interferencia.
- Deben considerarse los efectos del modelo de difracción y de pérdidas de trayecto.
- Interferencia el 0,1% del tiempo.

6.2 Recomendación UIT-R P.528, hipótesis de compartición*Antecedentes*

Esta hipótesis se basa en el cálculo de las pérdidas de transmisión a lo largo de un trayecto representativo de una transmisión del servicio móvil aeronáutico. El cálculo de las pérdidas de transmisión puede utilizarse en diversos cálculos de compartición en que interviene una transmisión desde una estación móvil aeronáutica a una estación en el suelo.

Motivos para elegir la Recomendación UIT-R P.528

Se eligió la Recomendación UIT-R P.528 para esta hipótesis de compartición porque se refiere a una transmisión del servicio móvil aeronáutico.

Parámetros de la estación móvil aeronáutica

Parámetro	Valor
Frecuencia	5 100 MHz
Altura de la antena de la estación móvil aeronáutica	10 000 m
Altura de la antena de la estación en suelo	15 m
Porcentaje de tiempo	50%
Distancia del trayecto	800 km

6.3 Recomendación UIT-R P.533 hipótesis de compartición

Hipótesis representativa de la predicción del trayecto punto a punto

Antecedentes

Esta hipótesis se basa en la predicción de un trayecto representativo punto a punto entre un enlace deseado y un enlace interferente. El receptor víctima y el transmisor constituyen el enlace deseado mientras que el enlace interferente se encuentra entre un receptor víctima y un transmisor interferente. Se desea determinar el efecto de la presencia de la fuente de interferencia sobre la relación S/N del receptor interferido.

Motivos para elegir la Recomendación UIT-R P 533

Se eligió la Recomendación UIT-R P.533 para esta hipótesis debido a sus gamas de frecuencia.

Hipótesis de coordinación

Parámetros del receptor víctima

Emplazamiento	49,88 N 119,48 W
Anchura de banda	7 kHz
Frecuencia central	10,125 MHz
Antena	Tipo 34 ITS-78 Horizontal Yagi
Orientación de la antena	120° CW en sentido de las agujas del reloj a partir del Norte
SSN	51
SNR 50% de fiabilidad	15 dB

Parámetros del transmisor

Emplazamiento	45,52 N 73,57 W
Anchura de banda	7 kHz
Frecuencia central	10,125 MHz
Antena	Tipo 34 ITS-78 Horizontal Yagi
Orientación de la antena	295,0° CW en sentido de las agujas del reloj a partir del Norte
Potencia del transmisor	1 kW

Parámetros de la fuente de interferencia

Emplazamiento	42,97 N 85,67 W
Anchura de banda	7 kHz
Frecuencia central	10,125 MHz
Antena	Sistema reflector aperiódico multibanda de Tipo 1
Orientación de la antena	178,5° CW en sentido de las agujas del reloj a partir del Norte
Potencia del transmisor	1 kW

6.4 Recomendación UIT-R P.620, hipótesis de compartición*Antecedentes*

Esta hipótesis se basa en el cálculo de una zona de coordinación para una estación terrena fija en la banda de frecuencias de 450 MHz en el caso de una fuente de interferencia móvil

Motivos para utilizar la Recomendación UIT-R P.620

Se eligió la Recomendación UIT-R P.620 para esta hipótesis porque contiene el proceso de cálculo de la distancia de coordinación.

*Hipótesis de coordinación***Hipótesis de la estación terrena**

Parámetro	Valor
Emplazamiento	39,26, -80,11
Frecuencia	450 MHz
Umbral de interferencia (I/N)	-10 dB
Potencia de ruido de la estación terrena	-162,58 dB
Ganancia del receptor de la estación terrena	14,3
Porcentaje de tiempo	50%

Hipótesis de la fuente de interferencia móvil

Parámetro	Valor
p.i.r.e.	16,98 dBW
Frecuencia	2 200 MHz

6.5 Recomendación UIT-R P.1546, hipótesis de compartición

Antecedentes

La comunidad de radioastronomía está preocupada por el problema de la interferencia procedente de bandas adyacentes. Las distancias de coordinación de los observatorios de radioastronomía se protegen celosamente para que sus sensibles receptores no resulten contaminados por las estaciones terrenas terrenales que funcionan en bandas adyacentes.

La banda 608-614 MHz está atribuida a la comunidad de radioastronomía. La banda adyacente 470-608 MHz está atribuida a los servicios de radiodifusión. En Estados Unidos de América y en algunas otras administraciones esta banda está atribuida al servicio de televisión digital. Los transmisores de radiodifusión de televisión tienen una p.i.r.e. elevada. Las distancias de coordinación entre estas dos bandas, y la posible interferencia, son objeto de esta hipótesis.

El Grupo de Trabajo 7D del UIT-R proporcionó al GT 3M una hipótesis de coordinación/interferencia a 608 Hz en que intervenía un receptor de radioastronomía del Observatorio nacional de Radioastronomía de EE.UU. (NRAO) interferido, situado en una zona silenciosa libre de interferencia y una estación de radiodifusión de televisión digital con una potencia radiada aparente (p r a) de 1 MW.

El Grupo de Trabajo 7D observó que los receptores de radioastronomía tienen una sensibilidad excepcionalmente grande, de conformidad con el Artículo 29 del RR de la UIT, y con respecto a los servicios en bandas adyacentes, «se ruega encarecidamente a las administraciones que ... tomen todas las medidas prácticamente posibles para proteger al servicio de radioastronomía contra la interferencia perjudicial conforme al número 4.5¹»

Hipótesis de interferencia

- Frecuencia: 605 MHz
- Trasmisor: PRA 1 MW, anchura de banda 6 MHz, altura de antena 165 m
- Emplazamiento del transmisor: 38° 57' 22" N 77° 4' 59" W 105 m sobre el nivel medio del mar
- Receptor: 139.6 m altura de antena
- Emplazamiento del receptor: 38° 25' 59.2" N 79° 50' 23.4" W 806 m sobre el nivel medio del mar
- Recibido en el lóbulo lateral de 0 dBi del radiotelescopio
- Porcentaje requerido: 2% del tiempo

6.6 Recomendación UIT-R P.1812, hipótesis de compartición

Hipótesis de compartición/RFI de las estaciones terrenas fijas por una estación móvil AWS

Antecedentes

Existe una gran preocupación acerca de la interferencia provocada por el funcionamiento de los servicios inalámbricos avanzados (AWS) a las estaciones terrena fijas en la banda 1710-1755 MHz.

Las reglas de subasta de los AWS de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) permiten a los titulares de licencia AWS comenzar a dar servicio durante el periodo de transición asignado para las operaciones por el Gobierno Federal siempre que no causen interferencia perjudicial a las estaciones terrenas federales. Para reducir la interferencia ha sido necesario crear zonas de coordinación y contornos operacionales en torno a las estaciones terrenas afectadas.

¹ N° 4.5 del RR: «La frecuencia asignada a una estación de un servicio dado deberá hallarse suficientemente separada de los límites de la banda atribuida a dicho servicio para que, teniendo en cuenta la banda de frecuencias asignada a dicha estación, no cause interferencia perjudicial a aquellos servicios a los que se hayan atribuido las bandas adyacentes.» Este punto sobre bandas adyacentes se invoca a menudo en las contribuciones sobre radioastronomía.

Motivos para elegir la Recomendación UIT-R P.1812

Se eligió la Recomendación UIT-R P.1812 para esta hipótesis debido a que se conocen los emplazamientos de los terminales del transmisor y el receptor, pueden determinarse los datos del terreno entre estos dos terminales y el requisito de la altura del terminal se ajusta a los parámetros de la citada Recomendación UIT-R P.1812

Hipótesis de coordinación**Gama de frecuencias**

1710-1755 MHz

Parámetros de la RX de la estación terrena

Parámetro	Valor
Emplazamiento	29,56N, 95,09W
Frecuencia	1741.0 MHz
Anchura de banda	12 MHz
Altura de la antena sobre el nivel medio del terreno	6 m
Ganancia de la antena del Rx	34 dBi
Diámetro de la antena del Rx	---
Temperatura de ruido del sistema	300 K en la antena +5 dB de factor de ruido Rx
Criterio de RFI (en el conector de antena)	-109,0 dBm (~10 dB por debajo del ruido)

Hipótesis de la fuente interferente de la estación terrena AWS móvil

Parámetro	Valor
Densidad de terminales móviles activos	16/Sector (Datos del operador)
Frecuencia	1 710 – 1 755 MHz
Anchura de banda	1,25 MHz
Altura de la antena sobre el nivel medio del terreno	1,5 m (Datos del operador)
PIRE del Tx (en banda)	-6,3 dBW (Datos del operadorr)
PIRE del Tx (fuera de banda)	-43,0 dBW/MHz (Reglas de la FCC)

Supuestos del modelo

- La zona en torno a la estación terrena contiene variaciones en la altura del terreno de manera que éste debe considerarse como un factor del modelo de interferencia.
- Deben considerarse los efectos de difracción y del modelo de pérdidas del trayecto.
- 10% de fiabilidad, 50% de confianza.

APÉNDICE A

Ejemplos de cálculo

ANEXO A1 al Apéndice A

Recomendación UIT-R P.452, ejemplo de cálculo

Véase el punto 6.1 para la descripción y los supuestos utilizados en este ejemplo de cálculo.

Ejemplo de compartición considerado

Los cálculos iniciales para determinar la distancia de coordinación se llevan a cabo utilizando la hoja de cálculo de la Recomendación UIT-R P.452-14 disponible en la página web de la Comisión de Estudio 3 del UIT-R en el instante de elaboración del presente Manual (<http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=documents&link=rsg3&lang=en>). A continuación aparecen los pasos necesarios para efectuar los cálculos iniciales de la coordinación y siempre que es posible y se considera necesario se muestran las pantallas correspondientes. Todos los datos de partida para realizar los cálculos de la Recomendación UIT-R P.452-14 se basan en los parámetros de la estación antes indicados.

Otras implementaciones de software de la citada Recomendación UIT-R P.452 pueden requerir parámetros de partida adicionales. Véase en el texto de esta Recomendación los detalles de otros parámetros por defecto no considerados en este punto.

Paso 1: Parámetros de partida del usuario

Step 1: Input data
The basic input data required for the procedure is given in Table 1. All other information required is derived from these basic data during the execution of the procedure.

TABLE 1
Basic input data

	Parameter	User input	Preferred resolution	Description
OK	f	14	0.01	Frequency (GHz)
OK	p	0.1	0.001	Required time percentage(s) for which the calculated basic transmission loss is not exceeded (%)
OK	ϕ_t	38.563	0.001	Latitude of transmitting (interfering) station (degrees)
OK	ψ_t	-77.067	0.001	Longitude of transmitting (interfering) station (degrees)
OK	ϕ_r	38.409	0.001	Latitude of receiving (interfered-with) station (degrees)
OK	ψ_r	-77.109	0.001	Longitude of receiving (interfered-with) station (degrees)
	h_{tg}	2.5	1	Transmitting antenna centre height above ground level (m)
	h_{rg}	11.35	1	Receiving antenna centre height above ground level (m)
	G_t	0	0.1	Transmitting antenna gain in the direction of the horizon along the great-circle interference path (dBi)
	G_r	65	0.1	Receiving antenna gain in the direction of the horizon along the great-circle interference path (dBi)

NOTE 1 – For the interfering and interfered-with stations:
t : interferer r : interfered-with station

NOTE 2 – For latitudes and Longitudes
Positive latitudes indicate North / Positive longitudes indicate East

Proceed to Step 2 ⇒

Leyenda:**Paso 1: Datos de partida**

Los datos de partida básicos para el procedimiento aparecen en el Cuadro 1. El resto de información necesaria se obtiene a partir de estos datos básicos durante la ejecución del procedimiento.

Cuadro 1**Datos de partida básicos**

Parámetros	Dato de usuario	Resolución preferida	Descripción
Frecuencia (GHz)			
Porcentajes de tiempo requeridos durante los cuales no se rebasan las pérdidas de transmisión básicas calculadas (%)			
Latitud de la estación transmisora (interferente) (grados)			
Longitud de la estación transmisora (interferente) (grados)			
Latitud de la estación receptora (interferida) (grados)			
Longitud de la estación receptora (interferida) (grados)			
Altura del centro de la antena transmisora sobre el nivel del suelo (m)			
Altura del centro de la antena receptora sobre el nivel del suelo (m)			
Ganancia de la antena transmisora en dirección del horizonte a lo largo del trayecto de interferencia de círculo máximo (dBi)			
Ganancia de la antena receptora en dirección del horizonte a lo largo del trayecto de interferencia de círculo máximo (dBi)			

NOTA 1 – Para las estaciones interferentes e interferidas: t: fuente interferente; r: estación interferida

NOTA 2 – Para latitudes y longitudes. Positivo indica latitud Norte / Positivo indica longitud Este

Vaya al Paso 2

Paso 2: Selección del año medio o mes más desfavorable

La elección de las predicciones del año medio o del mes más desfavorable vienen determinadas generalmente por los objetivos de calidad (es decir, comportamiento y fiabilidad) del sistema de radiocomunicaciones interferido en el extremo receptor del trayecto de interferencia. En la mayoría de los casos, los objetivos de calidad vienen expresados en términos de un porcentaje de cualquier mes y, por tanto, se necesitarán los datos del mes más desfavorable.

Para el ejemplo de interferencia causada a una estación terrena del SIE se seleccionará una predicción del mes más desfavorable. Esta selección se hace por el interés que presenta el caso más desfavorable de interferencia posible en un instante de tiempo en particular. Este caso de interferencia más desfavorable puede utilizarse para decidir sobre las condiciones de coordinación en una hipótesis de interferencia de caso más desfavorable.

Paso 3: Introducción de los datos de radiometeorología

El procedimiento de predicción de la Recomendación UIT-R P.452-14 utiliza dos parámetros de radiometeorología para describir la variabilidad de las condiciones de fondo y de propagación anómala en los diferentes emplazamientos de todo el mundo. Estos parámetros son:

- ΔN (N unidades/km) – proporciona los datos a partir de los cuales puede determinarse el radio efectivo de la Tierra apropiado para los análisis de perfil del trayecto y obstáculos de difracción. Véanse las Figs. 11 y 12 de la Recomendación UIT-R P.452-14 o el cuadro «Figura 12» de la Implementación Excel UIT-R P.452-14 que se utiliza para estos cálculos.
- N_0 – la refractividad de la superficie a nivel del mar la emplea únicamente el modelo de dispersión troposférica como una medición de la variabilidad de emplazamientos del mecanismo de dispersión troposférica. Véase la Fig. 13 de la Recomendación UIT-R P.452-14 o el cuadro «Figura 13» de la Implementación Excel UIT-R P.452-14 que se utiliza para estos cálculos.

En la hipótesis de ejemplo aquí considerada, los valores de ΔN y N_0 son 60 y 330 respectivamente.

Paso 3.5: Distancia desde las estaciones transmisora y receptora a la línea costera

Este cálculo sólo se necesita cuando el trayecto tiene uno o más tramos sobre el agua. Se emplea para determinar un factor de corrección de acoplamiento en los cálculos de pérdidas de propagación anómalas entre trayectos sobre la tierra y sobre el mar. Los valores exactos de este cálculo sólo revisten importancia para distancias ≤ 5 km. Si en alguno o en ambos casos las distancias rebasan los 5 km únicamente es preciso introducir un valor elevado (por ejemplo, 500 km) en la Implementación Excel de la Recomendación UIT-R

P.452-14. De hecho, pocos trayectos de interferencia necesitarán una evaluación detallada en este cálculo. Los parámetros determinados en este paso son:

- d_{ct} – Distancia sobre tierra desde la antena TX a la costa a lo largo del trayecto de interferencia.
- d_{cr} – Distancia sobre tierra desde la antena RX a la costa a lo largo del trayecto de interferencia.

Como ambas distancias desde el trayecto de transmisión y recepción en nuestra hipótesis de ejemplo superan los 500 km, el valor de partida en la Implementación Excel de la Recomendación UIT-R P.452-14 será 500.

Paso 4: Análisis del perfil del trayecto

Los valores de un cierto número de parámetros relativos al trayecto necesarios para los cálculos deben obtenerse mediante un análisis inicial del perfil del trayecto. La información obtenida basada en el perfil del trayecto incluye las pérdidas en condiciones de cielo despejado, la atenuación por gases atmosféricos, las pérdidas de difracción, la dispersión troposférica, la propagación por conductos/reflexión en capas y las pérdidas adicionales por ecos parásitos.

La Implementación Excel utilizada en estos ejemplos de cálculo proporciona los valores de los anteriores parámetros basados en las ecuaciones que figuran en la Recomendación UIT-R P.452-14. Los datos de partida necesarios para la Implementación Excel incluyen puntos específicos para la distancia entre el transmisor interferente y el receptor, la altura del terreno a esa distancia y el tipo de zonas radioclimáticas para ese punto. Las zonas radioclimáticas son:

- A1 – Zonas de tierras costeras y costa; es decir, tierra adyacente al mar hasta una altitud de 100 m con respecto al nivel medio del mar o de la masa de agua, pero limitada a una distancia de 50 km desde la zona marítima más cercana.
- A2 – El resto de zonas terrestres distintas a las zonas costeras antes definidas.
- A3 – Mares, océanos y otras grandes masas de agua.

La información sobre el perfil del terreno está disponible en (muchas fuentes pero ninguna es el método preferido de la Comisión de Estudio 3). A efectos de esta hipótesis de ejemplo, el tipo de terreno será A2. (A continuación aparecen los datos sobre el perfil del terreno para la hipótesis de ejemplo en la implementación de la hoja de cálculo Excel.)

Distance (km)	Height (m)	Zone
0.0000	39.80	A2
0.0900	41.55	A2
0.1800	42.23	A2
0.2700	41.84	A2
0.3600	40.94	A2
0.4500	38.42	A2
0.5400	35.10	A2
0.6300	36.46	A2
0.7200	35.65	A2
0.8100	39.48	A2
0.9000	43.59	A2
0.9900	42.58	A2
1.0800	45.36	A2
1.1700	47.51	A2
1.2600	46.43	A2
1.3500	43.26	A2
1.4400	45.74	A2
1.5300	36.90	A2
1.6200	22.34	A2
1.7100	14.89	A2
1.8000	10.03	A2
1.8900	8.24	A2
1.9800	6.55	A2
2.0700	4.61	A2
2.1600	4.67	A2
2.2500	5.70	A2
2.3400	8.69	A2
2.4300	12.32	A2
2.5200	15.98	A2
2.6100	21.55	A2
2.7000	26.31	A2
2.7900	26.53	A2
2.8800	32.40	A2

Leyenda:

Distancia (km)

Altura (m)

Zona.

Paso 5: Cálculo de las pérdidas de trayecto basado en los parámetros de partida

YOU ARE READY!:

Depending on the size of the terrain profile and path type (Line of sight vs. trans-horizon), this may take a few moments to execute.

Calculate <=> Click to "Calculate."

181.5 dB Overall Propagation Loss, $L_s(p)$, from the interfering transmitter to the interfered-with receiver.

Note 1: Several additional, interim calculations of the path profile and path type are provided in columns E, F & G Rows 12 through 33 on the 'TEST_PROFILE' worksheet.

Note 2: Different assumptions in path profiles analyses will produce small variations (± 0.5 dB) with other software implementations of Rec. P.452-13. These do not necessarily indicate errors in implementation.

Leyenda:

¿ESTÁ LISTO?

Dependiendo del tamaño del perfil del terreno y el tipo de trayecto (visibilidad directa o transhorizonte) puede llevar algún tiempo su ejecución

Calcular ⇔ Haga clic en «Calcular»

181,5 dB Pérdidas de propagación totales, $L_s(p)$, desde el transmisor interferente hasta el receptor interferido.

Nota 1 – En las columnas E, F y G, filas 12 a 13 de la hoja de trabajo «TEST_PROFILE» aparecen varios cálculos provisionales adicionales del perfil del trayecto y el tipo de trayecto.

Nota 2 – Las diversas hipótesis en los análisis del perfil del trayecto producirán pequeñas variaciones ($\pm 0,5$ dB) con respecto a otras implementaciones del software de la Rec. UIT-R P.452-13. Ello no implica necesariamente un error de implementación.

Análisis de la coordinación

Los resultados del modelo de propagación de la Recomendación UIT-R P.452-14 señalan que las pérdidas globales en el trayecto de propagación desde el transmisor interferente hasta el receptor víctima (interferido) eran de 183,2 dB durante el 0,1% del tiempo. Estas pérdidas de trayecto incluyen todos los efectos de propagación aplicables a lo largo del enlace punto a punto entre la fuente de interferencia y la víctima. Se sabe que la distancia entre ambas es de 50,5 km. Mediante un sencillo análisis de balance del enlace, se puede determinar si esta distancia es suficiente para satisfacer el requisito de coordinación de -146 dBW/MHz. A fin de simplificar los cálculos, se supone que la anchura de banda es 1 MHz. Por tanto, el requisito de coordinación es -146 dBW durante el 0,1% del tiempo. El siguiente cuadro presenta el análisis del balance del enlace.

p.i.r.e.	12,5 dBW
G_r	65 dBi
L_p (de la Rec. UIT-R P.452-14)	183,2
Pr	-106 dBW

En consecuencia, la potencia de interferencia recibida por la estación terrena del SIE víctima rebasa el criterio de la Recomendación UIT-R SA.1155 a una distancia de 50,5 km. El anterior procedimiento puede repetirse para una distancia mayor hasta encontrar una que no rebase el criterio de -146 dBW de potencia de interferencia recibida en la estación terrena del SIE. Una vez determinada esa distancia, puede emplearse como base para la distancia de coordinación. De forma similar, puede iterarse el método de la Recomendación UIT-R P.452-14 para varias posiciones angulares respecto a la estación el SIE víctima a fin de determinar el contorno de coordinación para una nueva estación terrena VSAT.

ANEXO A2 al Apéndice A

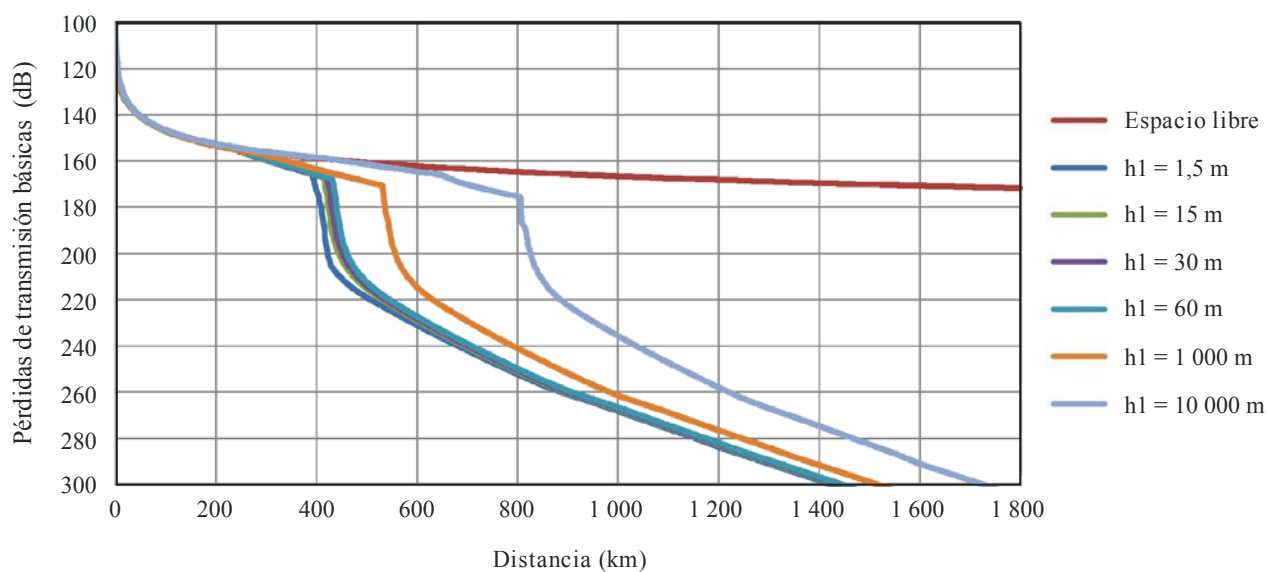
Recomendación UIT-R P.528, ejemplo de cálculo

Véase en el punto 6.2 la descripción y supuestos utilizados en este ejemplo de cálculo.

Para determinar las pérdidas de propagación de un transmisor móvil aeronáutico a 5 100 MHz, puede utilizarse la Fig. A2-1 (b) de la Recomendación UIT-R P.528-3. Como puede verse en el código de alturas de antena en la parte superior de esta figura, la curva de pérdidas de trayecto para este ejemplo de análisis es la curva $h_1 = 15$ m. En la Fig. A2-1 (b) para una distancia del trayecto de 800 km, puede observarse que las pérdidas de trayecto en la curva para $h_1 = 15$ m son de 250 dB. Este valor de las pérdidas de trayecto puede utilizarse para analizar cualquier número de casos de interferencia o de coordinación que se considere necesario.

FIGURA A2-1

**Conjunto de curvas para determinar las pérdidas de transmisión básicas
a 5 100 MHz durante el 50% del tiempo según los valores de h_1**



PPM. A02-01

ANEXO A3 al Apéndice A

Recomendación UIT-R P.533, ejemplo de cálculo

La siguiente hipótesis consiste en un enlace deseado y un enlace interferente. El receptor víctima y el transmisor constituyen el enlace deseado mientras que el enlace interferente es entre un receptor víctima y un transmisor interferente. El programa utilizado para llevar a cabo este análisis es REC533, que se trata de una implementación de la Recomendación UIT-R P.533. En el programa deben introducirse los parámetros apropiados que representen las hipótesis sobre cada enlace.

El enlace deseado tiene un transmisor de 1 kW y está configurado con una antena directiva de alta ganancia apuntada hacia el receptor víctima. La antena es una Yagi horizontal de Tipo 34 ITS-78 con ganancia directiva de 13,4 dB. El transmisor de 1 kW del enlace interferente utiliza un sistema reflector aperiódico multibanda de Tipo 01 con ganancia directiva de 22,1 dB. El enlace interferente también apunta al receptor víctima. Esta disposición representa la hipótesis de caso más desfavorable.

Ambos enlaces de comunicación funcionan en 10,125 MHz con anchuras de banda de 7 kHz. En este ejemplo se supone un entorno de ruido rural en el receptor víctima. El entorno de ruido rural se define de conformidad con la Recomendación UIT-R P.372. Los enlaces de comunicación se activan a las 12.00 horas UTC y en ningún otro instante. Esta restricción en el tiempo fue necesaria para simplificar el ejemplo. En un análisis de circuito en ondas decamétricas típico, muchos datos de partida temporales pueden cambiar significativamente la predicción. En particular, la hora y el mes influyen en los cálculos ya que controlan el estado de los parámetros ionosféricos en el modelo. Se llevó a cabo un análisis solamente para los meses impares. Se eligió un número de manchas solares de 51. El resto de valores necesarios para ejecutar el programa REC533 fueron valores por defecto. Todas las variables de salida del modelo se basan en valores medianos mensuales del canal de propagación. Para una explicación detallada del funcionamiento del programa REC533 debe consultarse la documentación correspondiente.

El receptor víctima, en esta hipótesis, está ubicado en Kelowna (Columbia Británica, Canadá), donde recibe una señal procedente de un transmisor situado en Montreal (Quebec, Canadá). La interferencia procede de un transmisor que se encuentra en Grand Rapids (Michigan, EE.UU.). Para lograr una fiabilidad de la señal del 50%, se necesita en el receptor interferido (víctima) una relación señal/ruido de al menos 15 dB. El transmisor interferente actúa sobre el receptor víctima como una fuente de interferencia cocanal.

Para realizar este análisis se utilizó el programa REC533 a fin de determinar la potencia de señal que aparece en el receptor víctima procedente de cada transmisor. En el Cuadro A3-1 se muestra el valor mediano de la potencia en el receptor víctima del enlace deseado.

CUADRO A3-1

Valor mediano de la potencia, S/N y ruido para el enlace deseado en el receptor víctima

Mes	Potencia recibida (dBW)	S/N 50% (dB)	Ruido aproximado (dB)
Enero	11	16	5
Marzo	17	22	5
Mayo	21	26	5
Julio	16	19	3
Septiembre	24	29	5
Noviembre	13	18	5

En el Cuadro A3-2 aparecen los resultados de un análisis similar llevado a cabo entre el receptor víctima y el transmisor interferente.

CUADRO A3-2

**Valor mediano de la potencia y máxima frecuencia utilizable
para el enlace interferente en el receptor víctima**

Mes	Potencia recibida (dBW)	Máxima frecuencia utilizable (MHz)
Enero	-16	6,8
Marzo	-7	8,6
Mayo	5	12,0
Julio	2	12,0
Septiembre	-3	12,0
Noviembre	-13	7,2

El resultado del programa REC533 para el enlace interferente muestra que la fuente de interferencia no constituirá un problema importante a lo largo del año. Las máximas frecuencias utilizables (MUF) indicadas en el Cuadro 2 indican que la señal de 10,125 MHz tiene una baja probabilidad de propagación desde finales de otoño hasta principios de primavera. La probabilidad más elevada de que se produzca interferencia aparece desde finales de primavera hasta principios de otoño. Una de las características peculiares de la propagación por ondas decamétricas es que la ionosfera no puede soportar todas las frecuencias de la banda durante todo el tiempo. El canal de propagación en ondas decamétricas tiene una MUF por encima de la cual las señales no se reflejan y, por tanto, no regresan a la Tierra. Las señales de frecuencias superiores a la MUF atraviesan la ionosfera.

A partir del Cuadro 1 A3-2, suponiendo una hipótesis de caso más desfavorable para este cálculo, debe examinarse un valor mediano de la potencia interferente de 5 dBW.

Bajo el criterio de que el receptor víctima necesita un valor de S/N de 15 dB para recibir la señal con un 50% de fiabilidad, puede determinarse cómo afecta la fuente interferente al enlace deseado. Si se suponen 5 dB de ruido en el enlace deseado y se supone también que la potencia recibida de la fuente interferente es 5 dB, la señal no deseada se incrementará en un factor de dos. La potencia de interferencia y el ruido total para este caso más desfavorable será entonces 3 dB superior a la potencia de ruido u 8 dB. Un incremento en el ruido total y en la potencia de interferencia disminuirá los valores de S/N en el enlace deseado en mayo, julio y septiembre a 23, 16 y 26, respectivamente. En presencia de la fuente de interferencia la relación S/N del enlace deseado estará próxima a los 15 dB designados en el mes de julio. Cuando se produce variabilidad en la propagación no puede lograrse la calidad de funcionamiento deseada. Como los resultados de este modelo se basan en valores medianos mensuales, la variación está asegurada.

Este ejemplo demuestra la vulnerabilidad del sistema deseado a la interferencia, lo que afectará a la calidad del enlace. El cálculo ha puesto en evidencia la utilidad de emplear software basado en modelo de la UIT para evaluar las complejas comunicaciones que deben compartir recursos comunes de espectro.

ANEXO A4 al Apéndice A

Recomendación UIT-R P.620, ejemplo de cálculo

Véase en el punto 6.4 la descripción y supuestos utilizados en este ejemplo de cálculo.

Parámetros de partida del usuario

Los parámetros de partida del usuario requeridos por la Recomendación UIT-R P.620-6 son la frecuencia, el requisito de pérdidas de transmisión básicas, la latitud y longitud de la estación terrena para la que va a determinarse el contorno de coordinación, la mínima distancia de coordinación y la máxima distancia de coordinación. La frecuencia para el análisis y ubicación de la estación terrena aparecen en los cuadros del punto 6.2. Las pérdidas de transmisión requeridas pueden calcularse mediante un sencillo análisis de balance del enlace a partir de los valores conocidos de los criterios de protección de la estación terrena y los parámetros de la fuente de interferencia.

p.i.r.e. de la fuente interferente	16,98 dBW
G_r	14,3 dBi
Pérdidas de trayecto (P_L)	Desconocidas
Potencia de ruido (P_n)	-162,58

La potencia recibida de la fuente de interferencia por la estación terrena que se pretende proteger es, por consiguiente:

$$P_r = 16,98 + 14,3 - P_L$$

El valor de la relación I/N recibida en la estación terrena es:

$$I/N = P_r - P_n$$

$$I/N = 16,98 + 14,3 - P_L - (-162,58)$$

Como se sabe que el umbral de I/N requerido es -10:

$$-10 = 16,98 + 14,3 - P_L - (-162,58)$$

Despejando el parámetro del requisito de pérdidas de trayecto (P_L)

$$P_L = 203,86$$

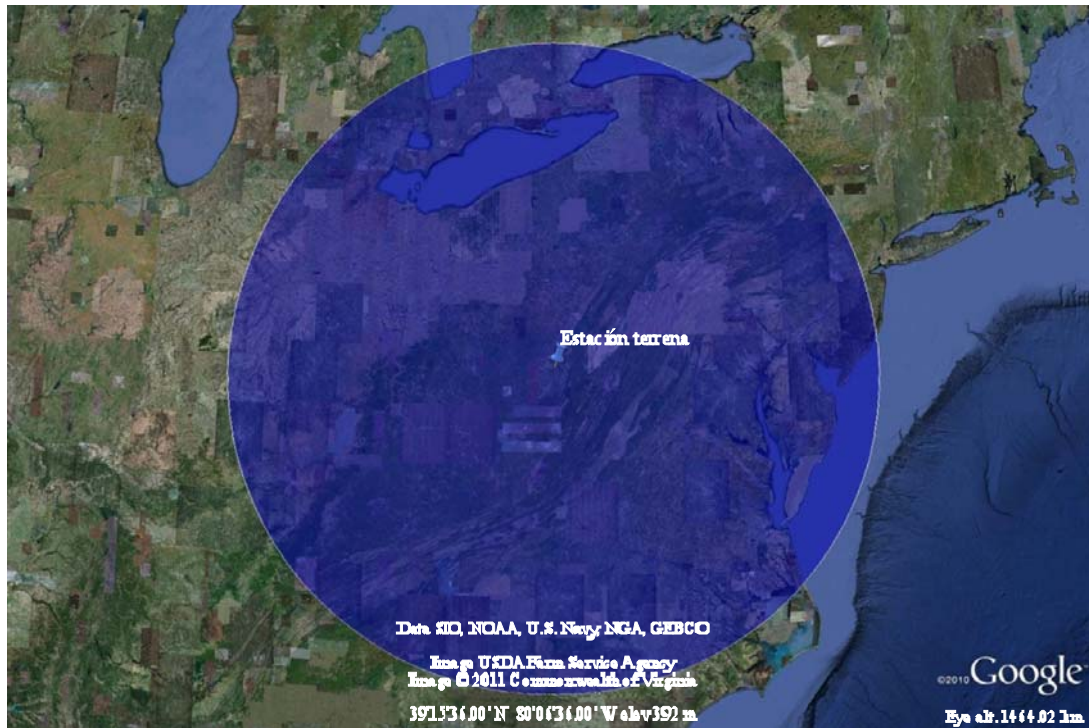
Siguiendo los pasos del punto 2 del Apéndice 2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.620-6, la distancia de coordinación se calculará mediante un proceso iterativo que continúa calculando unas pérdidas de trayecto hasta que se encuentra una distancia en la que las dichas pérdidas calculadas son mayores que el umbral de pérdidas de trayecto determinado anteriormente (203,86).

La mínima distancia de coordinación y las máximas distancias de coordinación se evalúan utilizando las ecuaciones (15)-(18) de la Recomendación UIT-R P.620-6. El incremento de distancia utilizado para los cálculos iterativos es de 1 km. Las pérdidas de trayecto iterativas se determinan, entonces, mediante la ecuación (16) de la Recomendación UIT-R P.620-6 comenzando por el cálculo de la mínima distancia de coordinación y aplicando incrementos de 1 km.

El resultado de los cálculos de la distancia de coordinación iterativos para este ejemplo es un valor de 511 km. Este valor puede representarse gráficamente en un programa de creación de mapas para determinar los contornos de coordinación en una hipótesis de interferencia concreta. Este ejemplo de contorno de coordinación se muestra en la siguiente Fig. A4-1.

FIGURA A4-1

Ejemplo de contorno de coordinación generado utilizando la Recomendación UIT-R P.620-6



PPM_A04-01

ANEXO A5 al Apéndice A

Recomendación UIT-R P.1546, ejemplo de cálculo

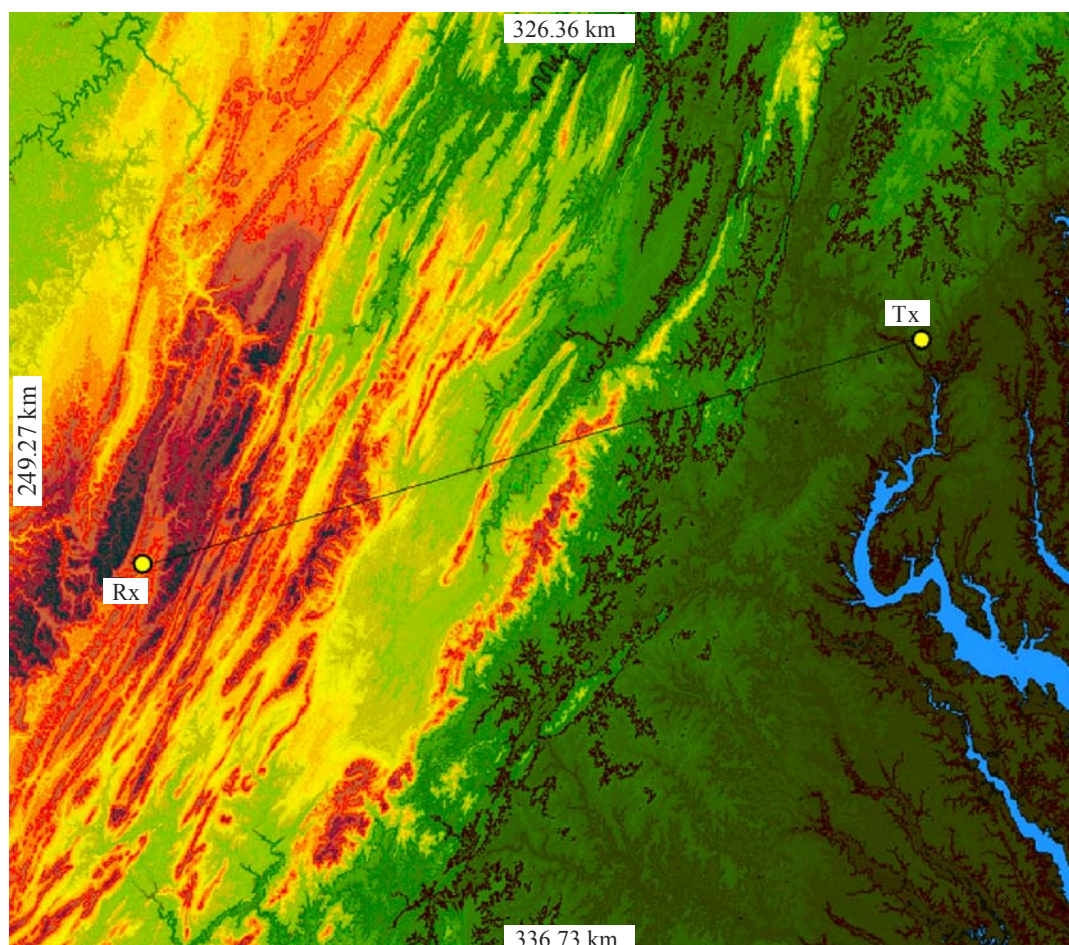
Véase en el punto 6.3 la descripción y los supuestos utilizados en este ejemplo de cálculo.

El circuito troposférico entre el transmisor de televisión digital (potencialmente) interferente y el radiotelescopio víctima es un trayecto que transcurre sobre tierra ya que no existen grandes masas de agua en este enlace. La longitud del trayecto es de unos 246 km. La altura efectiva del transmisor se estima que es de 182,36 m.

La Fig. A5-1 muestra un mapa de la zona con los emplazamientos del transmisor de radiodifusión y del NRAO (emplazamiento del receptor).

FIGURA A5-1

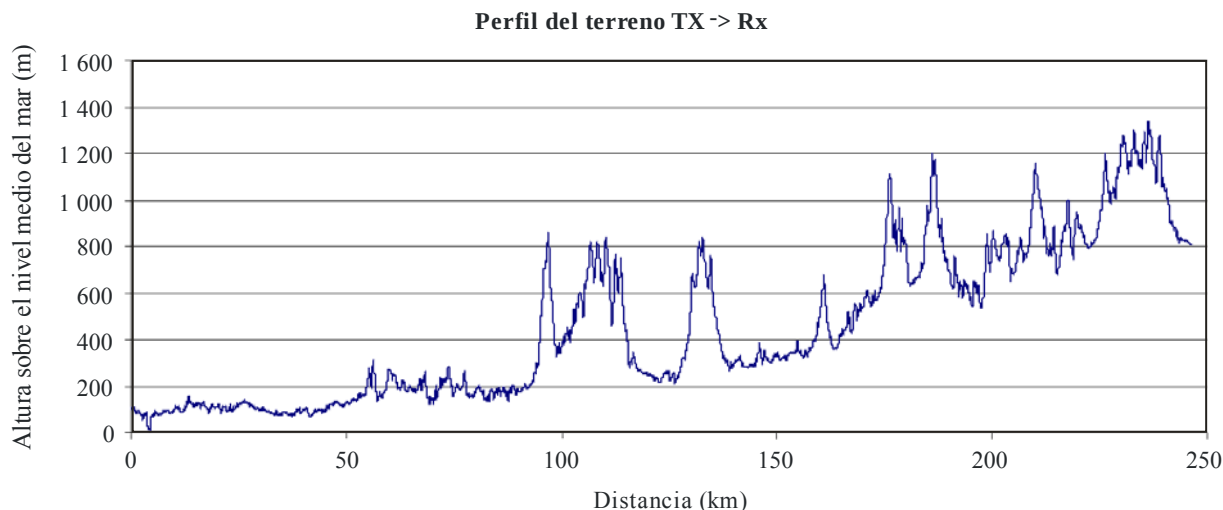
Mapa de la zona considerada



La Fig. A5-2 muestra un perfil del terreno entre el transmisor y el NRAO basado en los datos digitales sobre el terreno (datos SRTM-3).

FIGURA A5-2

Perfil del terreno entre el transmisor y el receptor (NRAO)



PPM. A05-02

La interpolación en las tabulaciones de intensidad de campo de 600 MHz y 2 000 MHz (1% y 10% del tiempo) da como resultado una señal interferente prevista de $-4,07 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ con respecto a 1 kW de P.R.A. La corrección de altura del receptor y la corrección del ángulo libre de obstáculos del terreno son 23,41 dB y $-12,68 \text{ dB}$, respectivamente. Por último, se incluye un ajuste de 30 dB para tener en cuenta la potencia del transmisor (1 MW), lo que da como resultado una intensidad de la señal interferente de $36,66 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$.

La Fig. A5-3 muestra las predicciones de intensidad de campo a través del trayecto de propagación hacia la antena receptora a 139,6 m de altura sobre el suelo y durante el 2% del tiempo. En la Fig. A5-4 aparecen predicciones similares para toda la zona, sin embargo estos cálculos se refieren a una altura de la antena receptora de 10 m.

FIGURA A5-3

Predicciones de intensidad de campo a lo largo del trayecto de círculo máximo del transmisor al receptor para el 2% del tiempo; la altura del receptor es 139,6 m

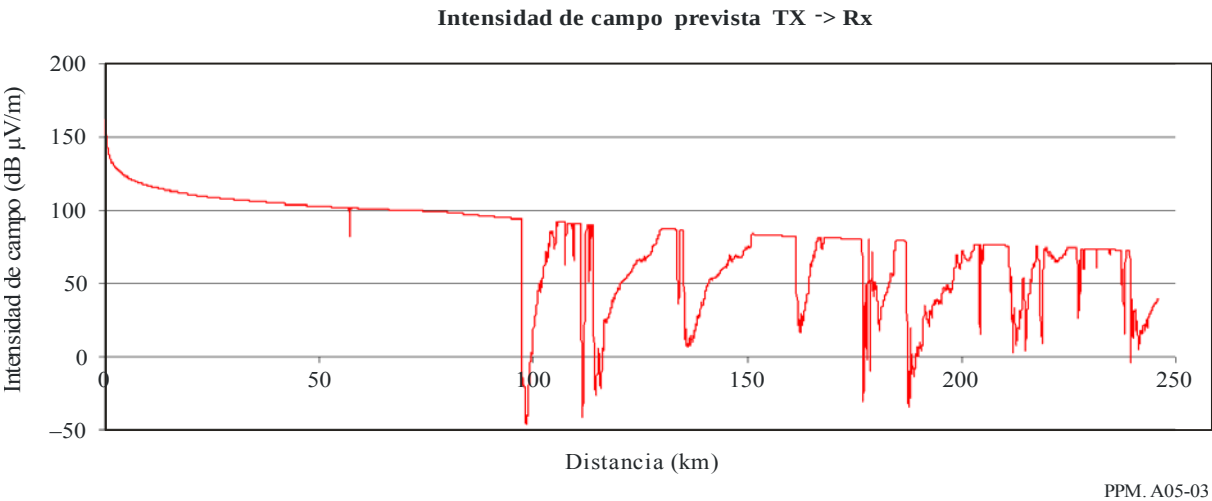
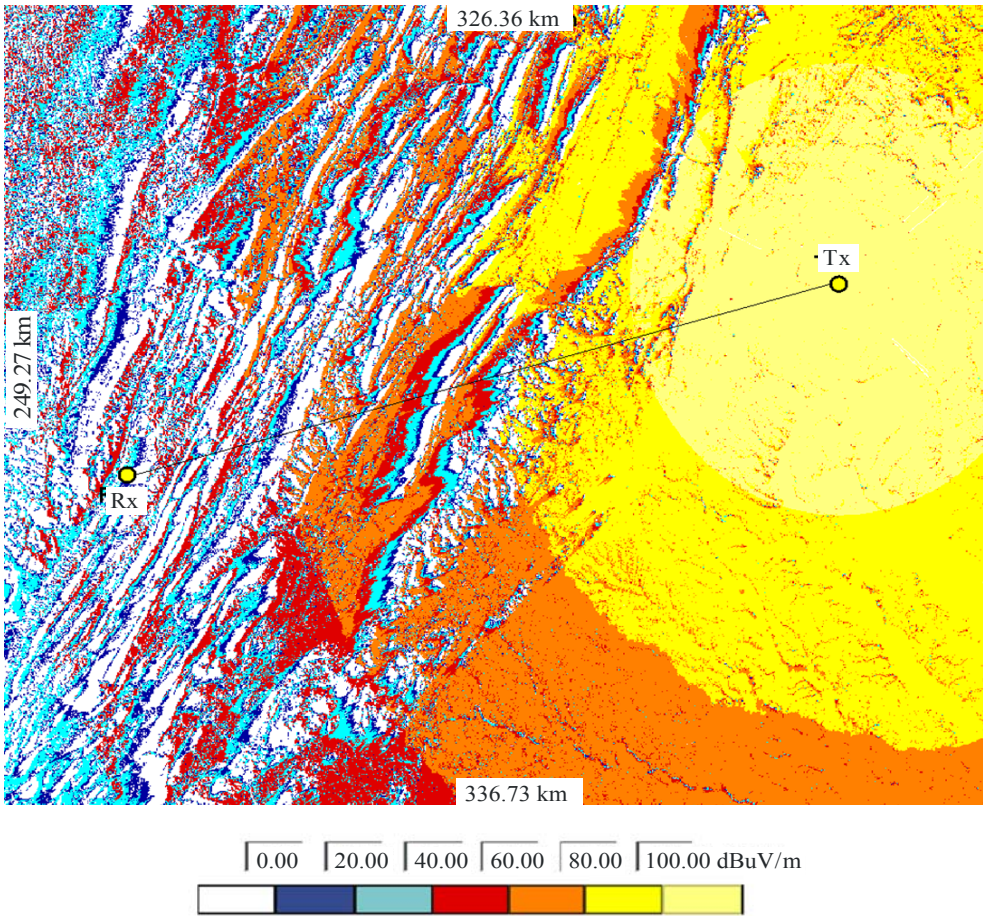


FIGURA A5-4

Predicciones de intensidad de campo en la zona mostrada en la Fig. A5-1 para el 2% del tiempo y una altura del receptor de 10 m



ANEXO A6 al Apéndice A

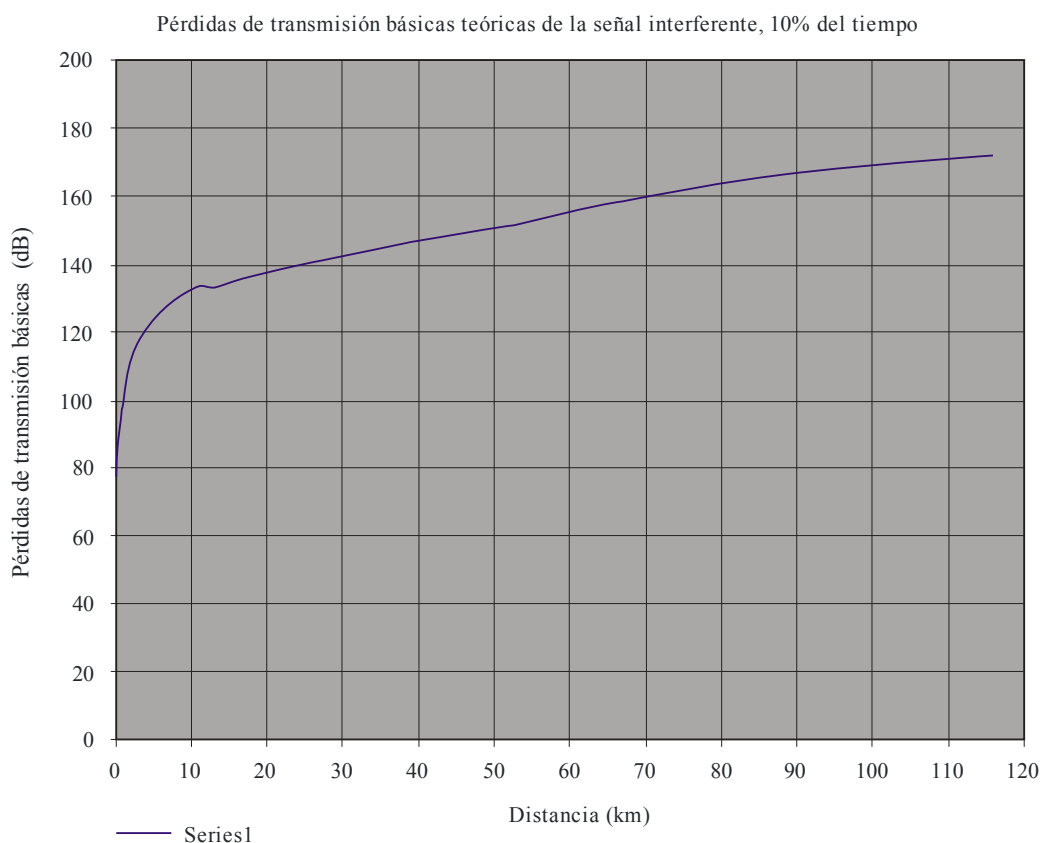
Recomendación UIT-R P.1812, ejemplo de cálculo

Véase en el punto 6.6 la descripción y supuestos utilizados en este ejemplo de cálculo.

Para investigar el objetivo de interferencia de -109 dBm, los cálculos de las pérdidas de transmisión básicas se realizaron empleando el método de la Recomendación UIT-R P.1812-1 para un perfil del terreno a lo largo del trayecto de círculo máximo desde el emplazamiento de la estación del SIE a 30°N , 94°W (en las proximidades de Beaumont-Port Arthur (Texas, EE.UU.)) a una frecuencia de $1\,741$ MHz. Se calcularon los valores para el 10% del tiempo (porcentaje de tiempo durante el que podría estar presente la señal interferente) y el 50% del tiempo, a intervalos de 100 m a lo largo de un trayecto de unos 115 km. Los resultados se dan en forma de gráficos en las Figs. A6-1 y A6-2. Si se considera la interferencia dentro de la banda, las pérdidas de transmisión básicas deben ser superiores a $109+34+23,7 = 166,7$ dB, valor que aparece a una distancia de 90 km para el 10% del tiempo utilizando este perfil. La distancia de separación requerida es mucho menor para el 50% del tiempo, pero esta cantidad de interferencia probablemente sería intolerable. Si la fuente de interferencia está fuera de banda, las pérdidas de transmisión básicas requeridas son únicamente de $124,7$ dB, o una distancia de separación de $5,2$ km.

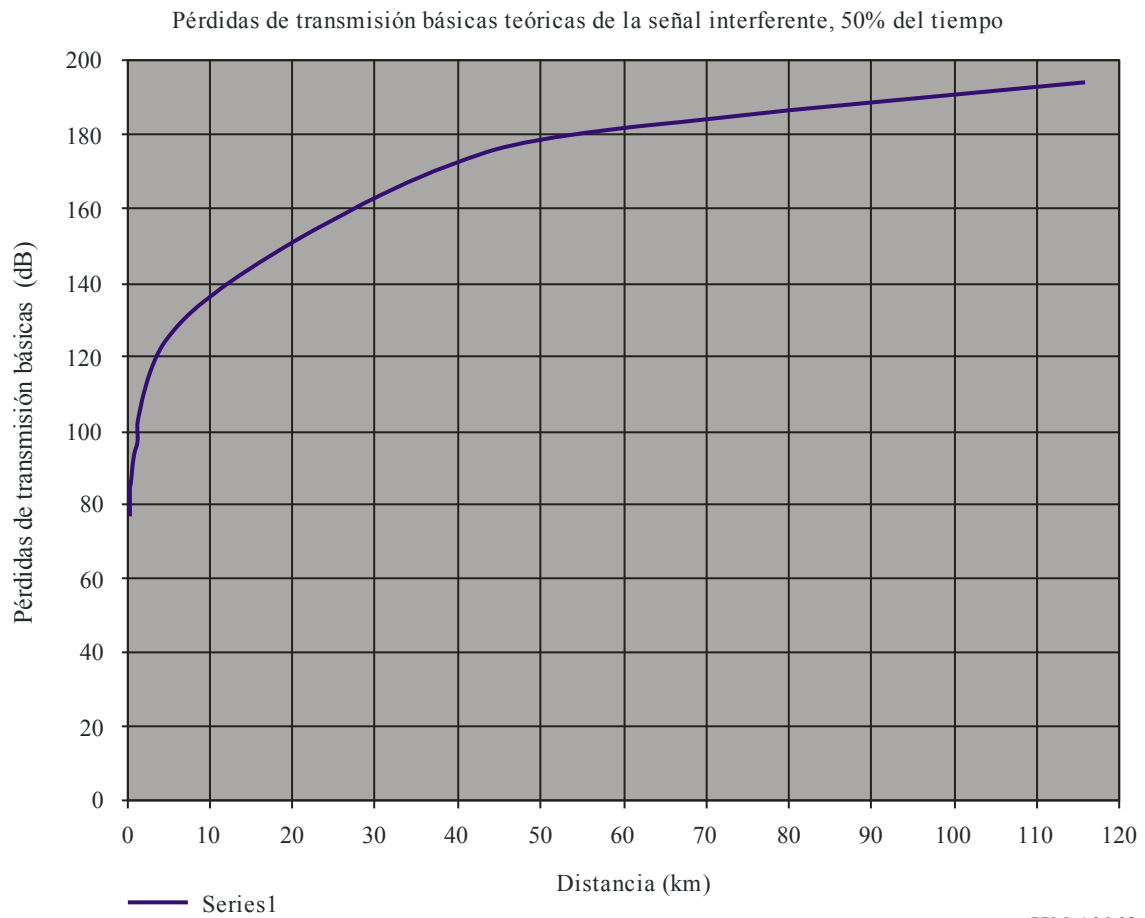
FIGURA A6-1

Predicción de las pérdidas de transmisión durante el 10% del tiempo



PPM. A06-01

FIGURA A6-2

Predicción de las pérdidas de transmisión durante el 50% del tiempo

PPM. A06-02

APÉNDICE B

Referencias

CUADRO B-1

Resumen de las declaraciones de coordinación pertinentes dirigidas a la Comisión de Estudio 3

Declaración de coordinación (LS)	Periodo de estudios	Origen	Documento pertinente	Enunciación del problema	Gama de frecuencias
3M/42	2000-2003	GT 8A	Recs UIT-R P.452 y UIT-R P.1411	El Grupo de Trabajo 8A desea realizar pruebas sobre métodos para predicciones punto a zona en servicios terrenales. El GT 8A ignora si se han llevado a cabo pruebas suficientes como para verificar la pertinencia de los métodos de propagación. Es conveniente aclarar la comparación entre un nuevo modelo de propagación (no enumerado) y las Recomendaciones UIT-R P.452 y 1411.	30-3 000 MHz
3M/43	2000-2003	GT 9A	Rec. UIT-R P.530	Discusiones sobre varias Recomendaciones y actividades de los GT 3M y 9A sobre la utilización del Apéndice 30 en la Recomendación UIT-R P.620.	No se aplica
3M/86	2000-2003	GT 6S	Apéndice 7 y Apéndice 30 para el modo (2) de propagación	Aplicabilidad del modelo de propagación del Apéndice 7 para la coordinación de estaciones terrenales o estaciones terrenas transmisoras del SFS con estaciones terrenas del SRS.	
3M/87 3J/59 3K/63	2000-2003	GT 8F	Cuestión UIT-R 229/8	Declaración de coordinación a los Grupos de Trabajo 3J, 3K y 3M sobre temas de propagación para sistemas posteriores a las IMT-2000, que pretenden impulsar una iniciativa de la UIT sobre los modelos de propagación para sistemas celulares de la próxima generación con las siguientes características: Frecuencias distintas a las de los actuales sistemas celulares (suponiendo que en ese instante estaban en la parte inferior de la banda de ondas centimétricas – por debajo de 6 GHz), tasas de servicio para incluir 100 Mbit/s en microteléfonos de usuario y 1 Gbit/s en el transmisor del sistema, multicélula, visibilidad directa y sin visibilidad directa, en interiores y entornos urbanos de alta densidad.	< 6 GHz
3M/88	2000-2003	GT 3K	Recs UIT-R P.1238, UIT-R P.1411	El Grupo de Trabajo 8F solicitó las características de propagación y los métodos de predicción para sistemas posteriores a las IMT-2000. El GT 3K respondió con algunas Recomendaciones sobre predicción de la propagación que pueden utilizarse para ello.	

CUADRO B-1 (continuación)

Declaración de coordinación (LS)	Periodo de estudios	Origen	Documento pertinente	Enunciación del problema	Gama de frecuencias
3M/90	2000-2003	GT 3M	Rec. UIT-R P.620	Respuesta del GT 3M al GT 6S sobre el hecho de que la utilización de la Recomendación UIT-R P.620 presentaría problemas cuando se emplea con el Anexo 3 al Apéndice 30 en vez del Apéndice 7 para el que fue definida.	No se aplica
3M/97	2000-2003	GT 6S	Rec. UIT-R P.620-4	Respuesta de una declaración de coordinación anterior sobre el uso del Apéndice 3 para una hipótesis de interferencia.	No se aplica
3M/2	2000-2003	Director de la BR	Recs UIT-R SM.1448 y UIT-R P.620	Comparación de los resultados obtenidos con las Recomendaciones UIT-R SM.1448 y UIT-R P.620.	14 y 6 GHz
3M/51	2003-2007	GT 4A	Rec. UIT-R P.452	Utilización de la Recomendación UIT-R P.452. Han aparecido dos dificultades con esta Recomendación: (1) a una distancia próxima a la de difracción, la fórmula de las pérdidas de propagación era discontinua. (2) Cuando se llevaban a cabo simulaciones basadas en la Recomendación UIT-R P.452, el valor de las pérdidas de difracción parecía variar con la latitud. En particular, las pérdidas por difracción ecuatorial (0° de latitud) difieren de las pérdidas a latitudes medias (40°) o a latitudes superiores (>50°). ¿Se trata de una diferencia real? ¿Cuál es la razón de esta variación?	13,75-14 GHz
3M/103	2003-2007	GT 4A	Uso de la Rec. UIT-R P.452	El Grupo de Trabajo 4A planteó algunas cuestiones sobre la Recomendación UIT-R P.452. El GT 3M ha solicitado comentarios sobre utilidad y aplicabilidad.	No se aplica
3M/227 3K/183	2003-2007	GT 8F	Rec. UIT-R P.1546	Modelos de propagación para su aplicación a estudios de compartición entre las IMT-2000 y la DVB-T. El GT 8F solicita a los GT 3M y 3K que presenten sus comentarios sobre dos modelos de predicción, los de la Recomendación UIT-R P.1546 y los modelos «Hata ampliados», y asesora sobre tres puntos: (1) Diferencias en las pérdidas de trayecto previstas para las mismas condiciones de aplicación (frecuencia, altura de antena, distancia, medioambiente). ¿Qué modelo es el más apropiado para su uso en los estudios de compartición entre las IMT-2000 y la DVB-T en la banda de ondas decimétricas (470-862 MHz) para diferentes alturas de antena, distancias y empleo en zonas urbanas y rurales? (2) Alturas de antenas: las alturas de antena del receptor de las IMT-2000 son normalmente de 1,5 m sobre el nivel del suelo, mientras que para las antenas del receptor de radiodifusión esa altura es de 10 m o superior. ¿Cuáles son los factores de corrección de altura adecuados en zonas urbanas y rurales? (3) En el caso de distintas polarizaciones de antena entre las IMT-2000 y la DVB-T ¿Cuáles son los factores de despolarización de antena recomendados para los cuatro casos indicados?	

Declaración de coordinación (LS)	Periodo de estudios	Origen	Documento pertinente	Enunciación del problema	Gama de frecuencias
3M/1 9D/10	2003-2007	GT 7E		Compartición entre enlaces de alta densidad del servicio fijo y otros servicios. Tres temas: (1) El apantallamiento por edificios cerca de los terminales de los sistemas fijos de alta densidad (HDFS) es diferente que para los sistemas celulares. (2) Discusión sobre la distribución espacial de los terminales HDFS (para modelar la interferencia combinada). (3) Los parámetros dinámicos de la señal HDFS varían más rápidamente que los tiempos de desvanecimiento de la propagación y ello afecta presumiblemente a los análisis de protección y de la interferencia.	30-50 GHz
3M/5 4A/77	2003-2007	Grupo Mixto de Relator 8A-9B	Doc. 8A-9B/TEMP/4	Atenuación de los edificios. Relativa a la protección de los enlaces de conexión del SMS no OSG contra la interferencia de las RLAN.	5 GHz
3M/26	2003-2007	Japón	Rec. UIT-R P.1238, UIT-R P.1410	Método para evaluar cuantitativamente las pérdidas de penetración en los edificios combinando varios modelos de la Comisión de Estudio 3.	5 GHz
3M/41	2003-2007	3M	Rec. UIT-R P.1546	Anuncio a los GT 8B y 8F de la aprobación de una nueva Recomendación sobre compartición en las predicciones zona a punto.	2 700-2 900
3M/46	2003-2007	GT 9D	Nueva metodología	El Grupo de Trabajo 9D ha creado una nueva metodología para la coordinación y la interferencia zona a punto entre el servicio de radioastronomía y las estaciones terrenas.	Por encima de 30 GHz
3M/79	2003-2007	GT 9A	Recs UIT-T M.2110, UIT-R F.1330-1	Información sobre propagación en condiciones de cielo despejado pertinente para la puesta en servicio de los radioenlaces. Telenor ha realizado experimentos durante 1 año en las costas de Noruega y ha medido la probabilidad de que aparezca una severa degradación (desvanecimientos profundos) en un enlace de microondas digital terrenal de banda amplia punto a punto con diversidad espacial. Los resultados de los análisis se presentaron en esta declaración de coordinación. La puesta en servicio se basa normalmente en la Recomendación UIT-R M.2110.0 pero Telenor recomienda utilizar en su lugar la Recomendación UIT-R P.1330-1 cuando se produzcan los raros eventos de desvanecimiento profundo debido a condiciones de propagación atmosférica anómalas.	6 GHz
3M/95	2003-2007	GT 9A	Rec. UIT-R P.530	Comparación de la Recomendación UIT-R P.530 con el método global de Crane y es de utilidad al GT 9A para la implementación de la Recomendación UIT-R P.530.	No se aplica
3M/93	2003-2007	GT 9A	Rec. UIT-R P. 837	Asesoría sobre la interrelación de un modelo de lluvia con otro utilizado en una Recomendación, ya que se consideró que un modelo de lluvia era inapropiado.	No se aplica

Declaración de coordinación (LS)	Periodo de estudios	Origen	Documento pertinente	Enunciación del problema	Gama de frecuencias
3M/49	2003-2007	GT 9A	Basado en las Recs UIT-T G.827, con posible aplicación a las Recomendaciones UIT-R F.1491 y UIT-R F.1492	Solicitud de orientaciones relativas al método de predicción de intensidad de la interrupción. El GT 9A informa al GT 3M sobre una decisión de finalizar el anteproyecto de nueva Recomendación, «Objetivos de disponibilidad para los enlaces inalámbricos fijos digitales reales utilizados en el trayecto ficticio de referencia de 27 500 km». El GT 9A solicita asesoría sobre un método de predicción de la intensidad de interrupciones basado en las características de la conexión ya utilizado a efectos de diseño para que el diseñador pueda tener en cuenta este parámetro en el dimensionamiento del enlace real.	
3M/60	2003-2007	CE 15 del UIT-T	Proyecto de revisión de la Cuestión UIT-R 228/3	Datos de propagación necesarios para la planificación de sistemas que funcionan por encima de 275 GHz. Métodos de predicción de la propagación empleados en aplicaciones punto a punto entre 187,5 THz y 375 THz (longitudes de onda entre 1 600 nm y 800 nm). Los únicos métodos de propagación existentes en ese instante se referían a los trayectos Tierra-espacio y espacio-espacio.	187,5-375 THz
3M/96	2003-2007	GT 7C	Rec. UIT-R P.528	Se trata de un factor de corrección necesario de la Recomendación UIT-R P.528 basado en la discrepancia en frecuencia y extrapola la información basada en diferentes porcentajes de tiempo.	403 ó 1 680 MHz



* 3 7 6 9 4 *

Impreso en Suiza
Ginebra, 2013
ISBN 978-92-61-14123-3