|  |
| --- |
| **Recomendación UIT-R P.1144-5**  **(10/2009)** |
| **Guía para la aplicación de los métodos de propagación de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones** |
| **Serie P**  **Propagación de las ondas radioeléctricas** |

Prólogo

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

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

# Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

|  |  |
| --- | --- |
| Series de las Recomendaciones UIT-R  (También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>) | |
| **Series** | Título |
| **BO** | Distribución por satélite |
| **BR** | Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión |
| **BS** | Servicio de radiodifusión sonora |
| **BT** | Servicio de radiodifusión (televisión) |
| **F** | Servicio fijo |
| **M** | Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos |
| **P** | **Propagación de las ondas radioeléctricas** |
| **RA** | Radio astronomía |
| **RS** | Sistemas de detección a distancia |
| **S** | Servicio fijo por satélite |
| **SA** | Aplicaciones espaciales y meteorología |
| **SF** | Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo |
| **SM** | Gestión del espectro |
| **SNG** | Periodismo electrónico por satélite |
| **TF** | Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias |
| **V** | Vocabulario y cuestiones afines |

|  |
| --- |
|  |

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

*Publicación electrónica*

Ginebra, 2010

© UIT 2010

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

RECOMENDACIÓN UIT-R P.1144-5

Guía para la aplicación de los métodos de propagación  
de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones

(1995-1999-2001-2001-2007-2009)

Cometido

Esta Recomendación sirve de guía para las Recomendaciones de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones que contienen métodos de predicción de la propagación. Además, orienta a los usuarios sobre los métodos más adecuados para determinadas aplicaciones, así como sobre los límites, la información necesaria y los resultados de cada uno de ellos.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que es necesario ayudar a los usuarios de las Recomendaciones UIT-R de la Serie P (elaboradas por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones),

recomienda

**1** que se utilice la información del Cuadro 1 como orientación para aplicar los diversos métodos de propagación que se exponen en las Recomendaciones UIT-R de la Serie P (elaboradas por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones);

**2** que se utilice la información del Cuadro 2 y del Anexo 1 como orientación sobre la utilización de los diversos mapas digitales de parámetros geofísicos que se necesitan para la aplicación de los métodos de propagación del *recomienda* 1.

NOTA 1 – Para cada una de las Recomendaciones UIT-R que figuran en el Cuadro 1 hay columnas de información correspondientes que indican:

*Aplicación:* El servicio o servicios o la aplicación a que se refiere la Recomendación.

*Tipo:* La situación a la que se aplica la Recomendación, por ejemplo, punto a punto, punto a zona, visibilidad directa, etc.

*Resultado:* El valor del parámetro resultante de la aplicación del método de la Recomendación, por ejemplo, las pérdidas del trayecto.

*Frecuencia:* La gama de frecuencias para la que se aplica la Recomendación.

*Distancia:* La gama de distancias para la que se aplica la Recomendación.

*Porcentaje de tiempo:* Valores, o gama de valores de porcentajes de tiempo para los que se aplica la Recomendación; es decir, cada porcentaje de tiempo en que se excede la señal prevista durante un año promedio.

*Porcentaje de emplazamientos:* Gama porcentual de emplazamientos para la que se aplica la Recomendación; se trata de cada porcentaje de emplazamientos dentro de un cuadrado, por ejemplo, de 100-200 m de lado en el que se excede la señal prevista.

*Altura del terminal:* Gama de alturas de la antena del terminal a que se refiere la Recomendación.

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

La información indicada en el Cuadro 1 figura ya en las propias Recomendaciones; no obstante, dicho Cuadro permite a los usuarios examinar rápidamente la capacidad (y limitaciones) de las Recomendaciones sin necesidad de buscar en el texto.

CUADRO 1

Métodos de predicción de la propagación de ondas radioeléctricas del UIT-R

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Método | Aplicación | Tipo | Resultado | Frecuencia | Distancia | Porcentaje de tiempo | Porcentaje de emplazamientos | Altura del terminal | Datos de partida |
| Rec. UIT-R P.368 | Todos los servicios | Punto a punto | Intensidad de campo | 10 kHz a 30 MHz | 1 a 10 000 km | No aplicable | No aplicable | Con base en el suelo | Frecuencia Conductividad del suelo |
| Rec. UIT-R P.452 | Servicios que emplean estaciones situadas en la superficie de la Tierra; interferencia | Punto a punto | Pérdidas del trayecto | 700 MHz a 30 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 | 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 | Móvil aeronáutico | Punto a zona | Pérdidas del trayecto | 125 MHz a 15 GHz | 0 a 1 800 km (para aplicaciones aeronáuticas, la distancia 0 km en horizontal no implica longitud del trayecto de 0 km) | 5, 50, 95 | No aplicable | H1: 15 m a 20 km H2: 1 a 20 km | Distancia Altura del transmisor Frecuencia Altura del receptor Porcentaje de tiempo |
| Rec. UIT-R P.530 | Enlaces fijos con visibilidad directa | Punto a punto con visibilidad directa | Pérdidas del trayecto Mejora por diversidad (condiciones de cielo despejado) XPD Interrupción Característica  de error | Aproximadamente 150 MHz a 40 GHz | Hasta 200 km con visibilidad directa | Todos los porcentajes de tiempo en condiciones de cielo despejado; 1 a 0,001 en condiciones de precipitación(1) | No aplicable | Altura suficiente para asegurar el despejamiento especificado del trayecto | Distancia Altura del transmisor Frecuencia Altura del receptor Porcentaje de tiempo Datos de obstrucción del terreno Datos climáticos Información del terreno |

CUADRO 1 (*Continuación*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Método | Aplicación | Tipo | Resultado | Frecuencia | Distancia | Porcentaje de tiempo | Porcentaje de emplazamientos | Altura del terminal | Datos de partida |
| Rec. UIT-R P.533 | Radiodifusión Fijo Móvil | 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 a 30 MHz | 0 a 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 |
| Rec. UIT-R P.534 | Fijo Móvil Radiodifusión | Punto a punto a través de la capa E esporádica | Intensidad de campo | 30 a 100 MHz | 0 a 4 000 km | 0 a 50 | No aplicable | No aplicable | Distancia Frecuencia |
| Rec. UIT-R P.617 | Enlaces fijos transhorizonte | Punto a punto | Pérdidas del trayecto | 30 MHz | 100 a 1 000 km | 20, 50, 90, 99 y 99,9 | No aplicable | No se especifican límites | Frecuencia Ganancia de la antena transmisora Ganancia de la antena receptora Geometría del trayecto |
| Rec. UIT-R P.618 | Satélite | Punto a punto | Pérdidas del trayecto Ganancia de diversidad y XPD (en condiciones de precipitación) | 1 a 55 GHz | Cualquier altura de órbita práctica | 0,001-5 para la atenuación; 0,001-1 para XPD | No aplicable | No hay límite | Datos meteorológicos Frecuencia Ángulo de elevación Altura de la estación terrena Separación y ángulo entre emplazamientos de estación terrena (para ganancia de diversidad) Diámetro y eficacia de la antena (para el centelleo) Ángulo de polarización (para XPD) |
| Rec. UIT-R P.620 | Coordinación de frecuencia 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 | Pérdida de transmisión básica mínima Frecuencia Porcentaje de tiempo Ángulo de elevación de la estación terrena |

CUADRO 1 (*Continuación*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Método | Aplicación | Tipo | Resultado | Frecuencia | Distancia | Porcentaje de tiempo | Porcentaje de emplazamientos | Altura del terminal | Datos de partida |
| Rec. UIT-R P.679 | Satélite de radiodifusión | Punto a zona | Pérdidas del trayecto Efecto del entorno local | 0,5 a 5,1 GHz | Cualquier altura orbital práctica | No aplicable | No se especifican límites | No se especifican límites | Frecuencia Ángulo de elevación Características del entorno local |
| Rec. UIT-R P.680 | Móvil marítimo por satélite | Punto a punto | Desvanecimiento causado por la superficie del mar Duraciones de los desvanecimientos Interferencia (satélite adyacente) | 0,8 a 8 GHz | Cualquier altura orbital práctica | Hasta 0,001% mediante una distribución Rice‑Nakagami Límite del 0,01% para la interferen­cia(1) | No aplicable | No hay límite | Frecuencia Ángulo de elevación Ganancia máxima en el eje de puntería de la antena |
| Rec. UIT-R P.681 | Móvil terrestre por satélite | Punto a punto | Desvanecimiento en el trayecto Duraciones de los desvanecimientos Duraciones de los intervalos sin desvanecimientos | 0,8 a 20 GHz | Cualquier altura orbital práctica | No aplicable Porcentaje de distancia recorrida de 1 a 80%(1) | No aplicable | No hay límite | Frecuencia Ángulo de elevación Porcentaje de la distancia recorrida Nivel aproximado del enmascaramiento óptico |
| Rec. UIT-R P.682 | Móvil aeronáutico por satélite | Punto a punto | Desvanecimiento causado por la superficie del mar  Trayectos múltiples a partir del suelo y la aeronave durante el aterrizaje | 1 a 2 GHz (desvanecimiento causado por la superficie del mar)  1 a 3 GHz (trayecto múltiple a partir del suelo) | Cualquier altura orbital práctica | Hasta 0,001% mediante una distribución Rice‑Nakagami(1) | No aplicable | No hay límite para el desvanecimiento causado por la superficie del mar  Hasta 1 km para la reflexión en el suelo durante el aterrizaje | Frecuencia Ángulo de elevación Polarización Ganancia máxima en el eje de puntería de la antena Altura de la antena |
| Rec. UIT-R P.684 | Fijo Móvil | Punto a punto Punto a zona | Intensidad de campo de la onda ionosférica | 30 a 150 kHz | 0 a 4 000 km | 50 | No aplicable | No aplicable | Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Distancia Potencia del transmisor Frecuencia Constantes del suelo Estación Número de manchas solares Hora del día |
| Rec. UIT-R P.843 | Fijo Móvil Radiodifusión | Punto a punto  por ráfagas  de meteoritos | Potencia recibida Tasa de ráfagas | 30 a 100 MHz | 100 a 1 000 km | 0 a 5 | No aplicable | No aplicable | Frecuencia Distancia Potencia del transmisor Ganancias de antena |

CUADRO 1 (*Continuación*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Método | Aplicación | Tipo | Resultado | Frecuencia | Distancia | Porcentaje de tiempo | Porcentaje de emplazamientos | Altura del terminal | Datos de partida |
| Rec. UIT-R P.1147 | Radiodifusión | Punto a zona | Intensidad de campo de la onda ionosférica | 0,15 a 1,7 MHz | 50 a 12 000 km | 1, 10, 50 | No aplicable | No aplicable | Latitud y longitud del transmisor Latitud y longitud del receptor Distancia Número de manchas solares Potencia del transmisor Frecuencia |
| Rec. UIT-R P.1238 | Móvil Red radioeléctrica de área local (RLAN) | Métodos de propagación en el interior de edificios | Pérdida en el trayecto Dispersión del retardo de propagación | 900 MHz a 100 GHz | Dentro de edificios | No aplicable | No aplicable | Base: aproximadamente 2‑3 m Móvil: aproximadamente  0,5‑3 m | Frecuencia Distancia  Factores relacionados con el suelo y las paredes |
| Rec. UIT-R P.1410 | Acceso radioeléctrico en banda ancha | Punto a zona | Cobertura Reducción temporal de la cobertura debida a la lluvia | 3 a 60 GHz | 0-5 km | 0,001 a 1 (para calcular la reducción de la cobertura debida a la lluvia) | Hasta 100 | Sin límites: 0‑300 m (típica) | Frecuencia Tamaño de la célula Altura del terminal Parámetros estadísticos de la altura de los edificios |
| Rec. UIT-R P.1411 | Móvil | Métodos de propagación en trayecto corto | Pérdida en el trayecto Dispersión del retardo de propagación | 300 MHz a 100 GHz | < 1 km | No aplicable | No aplicable | Base: aproximadamente 4‑50 m Móvil: aproximadamente  0,5‑3 m | Frecuencia Distancia Dimensiones de la calle Altura de las estructuras |
| Rec. UIT-R P.1546 | Servicio terrenales | Punto a zona | Intensidad de campo | 30 a 3 000 MHz | 1 a 1 000 km | 1 a 50 | 1 a 99 | *Transmisor/base:* altura efectiva desde menos de 0 m hasta 3 000 m *Receptor/móvil:*  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 |

Cuadro 1 (*Fin*)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Método | Aplicación | Tipo | Resultado | Frecuencia | Distancia | Porcentaje de tiempo | Porcentaje de emplazamientos | Altura del terminal | Datos de partida |
| Rec. UIT-R P.1622 | Enlaces ópticos de satélite | Punto a punto | Atenuación debida a la absorción Atenuación debida a la dispersión Ruido de fondo Centelleo de amplitud Ángulo de llegada Fluctuación lenta del haz Ensanchamiento del haz | 20 a 375 THz | Enlaces ópticos Tierra‑espacio de campo lejano | No aplicable | No aplicable | No hay límite | Longitud de onda Altura del terminal Ángulo de elevación Parámetro de la estructura de la turbulencia |
| Rec. UIT-R P.1623 | Satélite | Punto a punto | Duración de los desvanecimientos, pendiente de los desvanecimientos | 10 a 50 GHz | Cualquier altura orbital práctica | No aplicable | No aplicable | No hay límite | Frecuencia Ángulo de elevación Umbral de atenuación Anchura de banda del filtro |
| Rec. UIT-R P.1812 | Servicios terrenales | Punto a zona | Intensidad de campo | 30 MHz a 3 000 MHz | No se especifica pero hasta el horizonte radioeléctrico y más allá | 1 a 50 | 1 a 99 | No hay límite | 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.1814 | Enlaces ópticos terrenales | Punto a punto | Atenuación debida a la absorción Atenuación debida a la dispersión Ruido de fondo Centelleo de amplitud Ensanchamiento del haz | 20 a 375 THz | No hay límite | No aplicable | No aplicable | No hay límite | Longitud de onda (visibilidad en la niebla) Longitud del trayecto Parámetro de la estructura de la turbulencia |
| (1) Porcentaje de tiempo de interrupción; para la disponibilidad del servicio, se substrae de 100 el valor. | | | | | | | | | |

CUADRO 2

Mapas digitales de parámetros geofísicos del UIT-R

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Recomendación UIT‑R | Descripción | Resolución de rejilla | Interpolación espacial requerida (véase el Anexo 1) | Interpolación en probabilidad | Interpolación de la variable | Nombres de ficheros |
| P.839 | Altura media anual de la isoterma de 0º C (km) (zerodeg) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | No aplicable | No aplicable | ESA0HEIGHT.TXT |
| P.837 | Probabilidad de rebasar la intensidad de lluvia (%) (rain rate) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | No aplicable | No aplicable | ESARAINxxx.TXT; xxx = PR6, MC, MS |
| P.1511 | Altura topográfica (por encima del nivel medio del mar) (km) (altitude) | 0,5° × 0,5° | Bicúbica | No aplicable | No aplicable | TOPO0DOT5.TXT |
| P.836 | Probabilidad de rebasar el contenido de vapor de agua integrado de una columna de aire (%) (IWVC) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | Logarítmica | Lineal | ESAWVCxx.TXT; xx = 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 |
| P.836 | Probabilidad de rebasar la densidad de vapor de agua en la superficie (%) (Rho) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | Logarítmica | Lineal | SURF\_WVxx.TXT; xx = 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 |
| P.836 | Altura de escala de vapor de agua | 1,125° × 1,125° | Bilineal | Logarítmica | Lineal | VSCH\_xx\_v4.TXT; xx = 01, 02, 03, 05, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 99 |
| P.1510 | Temperatura media anual en la superficie (temperature) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | No aplicable | No aplicable | ESATEMP.TXT |
| P.453 | Valor mediano de la componente húmeda de la refractividad (Nwet) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | No aplicable | No aplicable | ESANWET.TXT |
| P.840 | Probabilidad de rebasar el contenido de agua líquida de una columna en el interior de una nube (%) (CLW) | 1,5° × 1,5° | Bilineal | Logarítmica | Lineal | WREDPxx.TXT; xx = 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 |
| P.840 | Distribución estadística del contenido total de agua líquida en el interior de una nube | 1,125° × 1,125° | Bilineal | No aplicable | No aplicable | WRED\_LOGNORMAL\_MEAN\_v4.TXT, WRED\_LOGNORMAL\_STDEV\_v4.TXT, y WRED\_LOGNORMAL\_PCLW\_v4.TXT |
| IWVC: contenido de vapor de agua integrado.  (1) Las variables en los puntos de la cuadrícula circundantes se han referido a la altitud deseada antes de la interpolación espacial por el procedimiento de escalamiento en la Recomendación aplicable. | | | | | | |

Para facilitar la referencia, la Fig. 1 muestra la relación entre los mapas geofísicos (casillas negras) y los efectos de la propagación (casillas blancas).



Anexo 1

# 1 Interpolación bilineal



*Datos:* Los valores de los cuatro puntos que rodean al punto de la cuadrícula: *I*(*R*,*C*), *I*(*R*,*C*1), *I*(*R*1,*C*),e *I*(*R*1,*C*1).

*Problema:* Determinar *I*(*r,c*), donde *r* es un número de fila fraccional y *c* es un número de columna fraccional, utilizando la interpolación bilineal.

*Solución:* Calcular

*I*(*r*,*c*)*I*(*R*,*C*)[(*R*1–*r*)(*C*1–*c*)]

*I*(*R*1,*C*) [(*r – R*)(*C*1–*c*)]

*I*(*R*,*C*1) [(*R*1–*r*)(*c*–*C*)]

*I*(*R*1,*C*1) [(*r*–*R*)(*c*–*C*)]

# 2 Interpolación bicúbica



*Datos*: Los valores de los 16 puntos que rodean al punto de la cuadrícula:

*I*(*R*,*C*), *I*(*R*,*C*1), *I*(*R*,*C*2), *I*(*R*,*C*3),

*I*(*R* 1,*C*), *I*(*R* 1,*C*1), *I*(*R* 1,*C*2), *I*(*R*1,*C*3),

*I*(*R*2,*C*), *I*(*R*2,*C*1), *I*(*R*2,*C*2), *I*(*R*2,*C*3),

*I(R*3,*C*), *I*(*R**C* 1), *I*(*R*3,*C* 2), *I*(*R*3,*C*3)*.*

*Problema*: Calcular *I*(*r*,*c*),donde *r* es un número de fila fracción y *c* es un número de columna fraccional, utilizando la interpolación bicúbica.

*Solución*:

*Paso 1:* para cada fila, *x*, donde *x*  {*r*, *r*  1, *r*  2, *r*  3}, calcular el valor interpolado en la columna fraccional *c* deseada como sigue:



donde:



y

*a*  –0,5

*Paso 2:* Calcular *I*(*r*,*c*), interpolando las interpolaciones unidimensionales *RI*(*R*,*c*), *RI*(*R*1,*c*), *RI*(*R*2,*c*), y *RI*(*R*3,*c*)de la misma manera que las interpolaciones de fila.