

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R F.2119-0**  
(01/2019)

**Guía sobre parámetros técnicos  
y metodologías para los estudios de  
compartición y compatibilidad relacionados  
con los servicios fijo y móvil terrestre  
en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz**

**Serie F**  
**Servicio fijo**



## 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 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
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	<b>Servicio fijo</b>
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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, 2019

© UIT 2019

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 F.2119-0

**Guía sobre parámetros técnicos y metodologías  
para los estudios de compartición y compatibilidad  
relacionados con los servicios fijo y móvil terrestre  
en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz**

(2019)

**Cometido**

Esta Recomendación se dan orientaciones para realizar estudios de compartición relacionados con los sistemas de los servicios fijo y móvil terrestre en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz. Se establece una lista de parámetros que caracterizan al sistema para ayudar a realizar los estudios de compartición y se proporciona información sobre las metodologías que pueden emplearse para realizar análisis de la compartición con los servicios fijo y móvil terrestre en esta gama de frecuencias. Esta Recomendación contiene asimismo una lista de las Recomendaciones, Informes y Manuales del UIT-R pertinentes.

**Recomendaciones, Informes y Manuales de la UIT conexos**

Véase el Anexo 3.

**Palabras clave**

Sistemas de los servicios fijo y móvil en ondas decamétricas, características técnicas para la compartición, criterios de protección

**Siglas/Glosario**

AWGN	Ruido blanco gaussiano aditivo ( <i>additive white gaussian noise</i> )
BER	Tasa de errores en los bits ( <i>bit error ratio</i> )
FOT	Frecuencia de transmisión óptima ( <i>frequency of optimum transmission</i> )
HF	Ondas decamétricas ( <i>high frequency</i> )
<i>I/N</i>	Relación interferencia-ruido ( <i>interference-to-noise ratio</i> )
MUF	Frecuencia máxima útil ( <i>maximum usable frequency</i> )
SNIR	$S/(N+I)$ , Relación señal-ruido más interferencia ( $S/(N+I)$ , <i>signal-to-noise plus interference ratio</i> )
SNR	$S/N$ , Relación señal-ruido ( $S/N$ , <i>signal-to-noise ratio</i> )
SSN	Número medio de manchas solares ( <i>smoothed sunspot number</i> )

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

que las características técnicas de los sistemas de los servicios fijo y móvil terrestre en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz pueden variar,

*observando*

la lista de Recomendaciones, Informes y Manuales pertinentes enumerados en el Anexo 3,

*recomienda*

- 1 que se utilice la lista de parámetros que figura en el Anexo 1 como orientación sobre las características de los sistemas de los servicios fijo y móvil terrestre que conviene utilizar para realizar estudios de compartición en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz;
- 2 que se utilice el Anexo 2 como guía para modelos para realizar estudios de compartición.

## Anexo 1

### **Parámetros técnicos de los sistemas de los servicios fijo y móvil terrestre en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz para los estudios de compartición y compatibilidad**

#### **1 Introducción**

Para realizar cualquier estudio de compartición es necesario conocer las características de los sistemas que deben compartir el espectro. El § 2 contiene una lista de los parámetros cuyos valores deberían bastar para caracterizar a un sistema a los efectos de los estudios de compartición.

Las orientaciones que se dan en la presente Recomendación también remiten a diversas Recomendaciones UIT-R relacionadas con la predicción de la propagación de ondas radioeléctricas.<sup>1</sup>

#### **2 Lista general de parámetros**

Conviene que en los estudios de compartición en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz se utilicen las características de los servicios fijo y móvil terrestre consignadas en el cuadro que figura a continuación. No obstante, cabe señalar que no todos los parámetros indicados resultan pertinentes para todos los sistemas. Por consiguiente, se debe seleccionar meticulosamente los parámetros pertinentes y sus valores a la hora de realizar estudios de compartición entre sistemas específicos.

---

<sup>1</sup> En el sitio web de la UIT sobre ejemplos de software, datos y validación para la propagación de ondas radioeléctricas en la ionosfera y la troposfera y sobre el ruido radioeléctrico (<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx>) figuran enlaces a modelos software relacionados con algunas Recomendaciones UIT-R sobre propagación descritos en la presente Recomendación.

## CUADRO 1

## Lista general de parámetros y valores de ejemplo

<p>Generales</p> <p>Banda de frecuencias (MHz): 1,5 a 30</p> <p>Tipo de emisión: analógica J3E, B8E o digital</p> <p>Velocidad de datos (bit/s): 2 400, 3 200, 4 800, 9 600</p> <p>Tipo de despliegue: fijo o móvil terrestre</p> <p>Ejemplos de periodos de evaluación: enero, abril, julio y octubre</p> <p>Tiempo de muestreo: cada 4 horas</p> <p>Número medio de manchas solares (SSN): 10, 100, 200</p> <p>Conductividad del suelo (S/m): 0,005</p> <p>Constante dieléctrica del suelo: 13</p>
<p>Sistema</p> <p>Ancho de banda del canal (kHz):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 para Telefonía J3E de banda lateral única, portadora suprimida;</li> <li>• 3 para Telefonía B8E de 2 canales con banda lateral independiente;</li> <li>• hasta 40 para digital.</li> </ul> <p>Trayecto de propagación: onda ionosférica u onda de superficie</p> <p>Grado del servicio característico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Telefonía J3E de banda lateral única, portadora suprimida: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 47 (dB/Hz) (sólo para la propagación por onda de superficie);</li> <li>– 48 (dB/Hz) (sólo para la propagación por onda ionosférica).</li> </ul> </li> <li>• Telefonía B8E de 2 canales con banda lateral independiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 49 (dB/Hz) (sólo para la propagación por onda de superficie);</li> <li>– 50 (dB/Hz) (sólo para la propagación por onda ionosférica).</li> </ul> </li> <li>• Clase de emisión J2D (para <math>BER \leq 1,0 \times 10^{-5}</math>): <ul style="list-style-type: none"> <li>– 2 400 bit/s propagación por onda de superficie: 40 (dB/Hz);</li> <li>– 2 400 bit/s propagación por onda ionosférica: 46 (dB/Hz);</li> <li>– 3 200 bit/s propagación por onda de superficie: 43 (dB/Hz);</li> <li>– 3 200 bit/s propagación por onda ionosférica: 49 (dB/Hz);</li> <li>– 4 800 bit/s propagación por onda de superficie: 47 (dB/Hz);</li> <li>– 4 800 bit/s propagación por onda ionosférica: 54 (dB/Hz);</li> <li>– 9 600 bit/s propagación por onda de superficie: 56 (dB/Hz);</li> <li>– 9 600 bit/s propagación por onda ionosférica: 66 (dB/Hz).</li> </ul> </li> </ul> <p>Distancia entre el transmisor y el receptor (km): 100 (corta), 1 500 (media) y 5 000 (larga)</p>
<p>Transmisor</p> <p>Ubicación (respecto de la ubicación del receptor interferido): Norte, Sur, Este y Oeste</p> <p>Potencia de salida (W): 100 (baja), 1 000 (media) y 10 000 (alta)</p> <p>Pérdidas en la línea de conexión del transmisor (dB): 3, 6 para sistemas con Sistema de antenas remotas en la parte superior de la banda de frecuencias</p> <p>Tipo de sistemas de antenas: dipolo, monopolo, periodo logarítmico, rómbicas, en V o de bucle (incluida la antena EH)</p>
<p>Receptor</p> <p>Criterios de protección (dB): S/(N+I) (degradación del grado de servicio en presencia de interferencia), <math>SNR^2</math></p> <p>Tipo de sistemas de antena: del mismo tipo que las definidas para el transmisor</p>

<sup>2</sup> La SNR para el grado de servicio deseado en los trayectos de onda de superficie «en condiciones estables» o para el «canal AWGN» y para los trayectos ionosféricos en «condiciones de desvanecimiento» se indican en la Recomendación ITU-R F.339.

Los sistemas de tipo antena descritos en el cuadro anterior tienen en cuenta todas las características específicas de la configuración del sistema de antenas, comprendida la altura de la antena, la ganancia, la distancia entre elementos, la conductividad del suelo, etc. Estos parámetros de configuración deben diseñarse juntos a la frecuencia específica para producir el tipo de antena. En futuros estudios sobre estos tipos de antena también se podrían examinar los diagramas de directividad de la antena para estos sistemas.

Para los estudios que consideran el impacto del canal adyacente, las características de las máscaras de bloqueo y de emisión pueden tomarse de la Recomendación UIT-R SM.1539.

## Anexo 2

### **Metodologías para los estudios de compartición y compatibilidad de sistemas que funcionan en los servicios fijo y móvil terrestre en la gama de frecuencias 1,5-30 MHz**

#### **1 Introducción**

El primer paso en cualquier estudio de compartición es caracterizar el entorno, la configuración del sistema y las condiciones de compartición de los sistemas que se analizan. Es preciso considerar dos tipos de condiciones de compartición y compatibilidad: en la banda, cuando los sistemas comparten la misma banda, y el análisis de la banda adyacente, cuando las emisiones no deseadas de un sistema pueden afectar a los receptores radioeléctricos de una banda adyacente.

En el § 2 se describen las metodologías que pueden utilizarse en los análisis de compartición con los servicios fijo y móvil terrestre.

#### **2 Metodologías para los estudios de compartición y compatibilidad**

Existen dos modos básicos de propagación radioeléctrica en ondas hectométricas/decamétricas<sup>3</sup> relacionados con las transmisiones en ondas hectométricas y decamétricas: por onda ionosférica y por onda de superficie. Estos modos de propagación dependen de la distancia de separación entre el transmisor y el receptor y pueden afectar a los sistemas en ondas hectométricas y decamétricas que comparten frecuencias operativas. Dado que la señal interferente podría seguir una trayectoria de propagación de onda de superficie o de onda ionosférica, se realizarán cálculos para ambas trayectorias cuando el transmisor interferente se encuentre dentro de la gama de ondas de superficie. El espectro de ondas hectométricas y decamétricas tiene características singulares comparado con otras gamas de frecuencias más altas. Los niveles de potencia media de la señal o del ruido recibidos (o ambos) de los sistemas en ondas hectométricas y decamétricas pueden presentar grandes variaciones con el tiempo. Para el análisis de los sistemas que funcionan por encima de 30 MHz, la relación interferencia/ruido ( $I/N$ ) suele ser la metodología aceptada en los estudios de compartición, teniendo en cuenta los efectos de la señal interferente en la degradación del umbral de ruido. Sin

---

<sup>3</sup> En el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, por «ondas hectométricas» se entiende la gama de frecuencias 300-3 000 kHz, y por «ondas decamétricas» la gama 3-30 MHz. La guía para los sistemas en ondas hectométricas/decamétricas descrita en esta Recomendación se limita a la gama de frecuencias 1,5-30 MHz.

embargo, en el caso de los sistemas en ondas hectométricas y decamétricas, los análisis basados en la relación  $I/N$  no tiene en cuenta que algunos enlaces ionosféricos funcionan con márgenes de enlace suficientemente altos como para que las pequeñas variaciones en el umbral de ruido efectivo no afecten significativamente a su grado de servicio. La consideración de un nivel de interferencia superior a un nivel de ruido quizá no sea suficientemente alta como para que la relación señal/ruido más interferencia (SNIR) degrade la calidad de funcionamiento del sistema por debajo de la mínima relación señal/ruido (SNR) relacionada con el grado de servicio deseado del sistema.

Por otra parte, el análisis de la relación  $I/N$  tampoco tiene en cuenta que, aunque una señal interferente pueda propagarse a un lugar en el que la relación  $I/N$  supere un determinado nivel, es posible que la señal deseada del enlace deseado en la frecuencia concreta estudiada no se propague con un nivel suficiente fiabilidad en ese lugar. Así pues, si bien es posible que se rebasen los criterios de  $I/N$ , el receptor no funcionará en la frecuencia interferente, por cuanto la frecuencia no puede soportar las operaciones del enlace deseado en la ubicación dada. Con el método  $I/N$ , la frecuencia analizada puede estar lo suficientemente alejada de la frecuencia de transmisión óptima (FOT) como para que sea improbable que el enlace deseado funcione cerca de la frecuencia analizada. En general, los enlaces de propagación ionosférica en ondas hectométricas y decamétricas no están diseñados para funcionar como circuitos con ruido limitado. Debido a las características cambiantes de la ionosfera, los sistemas de ondas hectométricas y decamétricas no utilizan una sola frecuencia y la frecuencia de funcionamiento adecuada se selecciona en función de los parámetros predominantes.

## 2.1 Modo de propagación por onda ionosférica

Se recomienda el siguiente procedimiento paso a paso para los estudios de compartición y compatibilidad que servirán de modelo operativo de los sistemas de ondas decamétricas.

*Paso 1:* Determinar la idoneidad de la frecuencia para el enlace interferido, utilizando los parámetros enumerados en el Cuadro 1 del Anexo 1. Las predicciones de propagación de la señal de onda ionosférica en la gama de frecuencias de 2 a 30 MHz deben efectuarse de conformidad con la Recomendación UIT-R P.533<sup>4</sup>. Los enlaces de radiocomunicación ionosférica en ondas hectométricas y decamétricas funcionan mejor en frecuencias comprendidas entre  $-25\%$  y  $+10\%$  de la frecuencia máxima útil (MUF). Es probable que el funcionamiento a frecuencias superiores al  $10\%$  por encima de la MUF tenga un rendimiento insatisfactorio, mientras que el funcionamiento a frecuencias inferiores al  $-25\%$  por debajo de la MUF tendrá probablemente una relación señal/ruido inadecuada. Por consiguiente, al realizar el análisis de interferencia en un estudio de compartición se debe considerar una ventana de frecuencias de funcionamiento por debajo y por encima de la MUF, tal como se ha especificado anteriormente. Si la frecuencia considerada para una hora, mes y número medio de manchas solares determinados no se encuentra dentro de la ventana de frecuencias, se debe suponer que el enlace interferido no está funcionando en esa frecuencia.

*Paso 2:* Determinar la viabilidad del enlace interferido para el grado del servicio necesario dentro de la ventana de frecuencia operativa establecida en el primer paso. Se calcula la SNR mediana para el sistema interferido de acuerdo con la Recomendación UIT-R P.533 utilizando los números de manchas solares, las estaciones y los intervalos de tiempo. Si se comprueba que el enlace interferido puede alcanzar el grado del servicio deseado, se puede predecir el nivel de la señal interferente en el paso siguiente.

*Paso 3:* Para los intervalos de tiempo durante los cuales el enlace interferido puede funcionar con un grado de servicio igual o mayor al deseado, determinar la potencia interferente en el receptor interferido siguiendo el procedimiento descrito en la Recomendación UIT-R P.533. Después, se calcula la SNIR para determinar los periodos de tiempo durante los cuales el rendimiento del enlace

---

<sup>4</sup> REC533 y ITURHFPROP son modelos software relacionado con la Recomendación UIT-R P.533.

es inferior al grado de servicio deseado. Los valores de la SNR del trayecto de onda ionosférica necesarios para los distintos tipos de emisiones y grados de servicio figuran en la Recomendación UIT-R F.339 (en condiciones de desvanecimiento). El transmisor debe estar ubicado en las direcciones norte y sur, y a distancias corta, media y larga respecto del receptor. La fuente de la señal interferente también debe estar situada en cuatro puntos cardinales con respecto al receptor interferido y a distancias de separación cortas, medias y largas, dependiendo de la situación que se esté analizando. Los análisis deben repetirse sobre valores bajos y altos de manchas solares, en diferentes estaciones y horas del día.

*Paso 4:* Calcular la disponibilidad del enlace interferido con y sin interferencias. Las predicciones de propagación realizadas de conformidad con la Recomendación UIT-R P.533 presentan la disponibilidad como una probabilidad de nivel de señal, en un intervalo de tiempo de una hora por día durante un mes. Cabe suponer que las transmisiones interferentes y las transmisiones interferidas son independientes, y se debe utilizar su probabilidad conjunta para determinar la duración de la interferencia. Por ejemplo, si para una hora dada dentro de un mes se calcula que el enlace interferido tiene una disponibilidad de un 50% de probabilidad, y la señal interferente llega al receptor interferido con un 50% de probabilidad, entonces la duración del tiempo durante el cual el enlace interferido experimentará degradación causada por el transmisor interferente se determina por la probabilidad conjunta, que es del 25% en este ejemplo. Cuando el transmisor interferente no está presente, el enlace interferido podrá funcionar durante 15 de las 30 horas posibles dentro de ese mes e intervalo de tiempo. Con el transmisor interferente presente, la disponibilidad del enlace interferido se reduciría a 7,5 horas para el mes e intervalo de tiempo dados.

Para los estudios de compartición en esta banda, con el modo de propagación ionosférica, la cobertura o las zonas de interferencia dependen de la hora del día, de la estación y de los ciclos de actividad solar de 11 años. Por ese motivo, los sistemas de transmisión en ondas decamétricas pueden cambiar de frecuencia más de una vez al día. Por consiguiente, será necesario redefinir regularmente los parámetros de estudio (cada cuatro horas, por ejemplo).

## **2.2 Modo de propagación por onda de superficie**

La SNR mediana se evalúa con arreglo a la Recomendación UIT-R P.368<sup>5</sup> para las estaciones y los intervalos de tiempo a lo largo de un periodo de un año, y a continuación se calcula el SNIR. El nivel de ruido se calcula de conformidad con la Recomendación UIT-R P.372. Para los periodos en los que el enlace interferido ha alcanzado una SNR superior al umbral requerido para el grado de servicio deseado, se evalúa el SNIR para determinar el periodo de tiempo durante el cual la calidad de funcionamiento del enlace se degrada por debajo del nivel deseado. Los valores de la SNR para la banda de frecuencias 3-30 MHz se indican en la Recomendación UIT-R F.339 para condiciones estables.

La señal interferente podría seguir un trayecto de propagación por onda de superficie o ionosférica, por lo que se realizarán los cálculos correspondientes. Las distancias entre el transmisor y el receptor del sistema interferido deben estar dentro de las distancias de propagación por onda de superficie y la señal interferente puede originarse desde el alcance de la onda de superficie hasta distancias de separación de onda de superficie cortas, medias y largas.

## **3 Análisis de la interferencia causada por sistemas adaptativos**

En los casos en que la fuente de interferencia proceda de un sistema adaptativo que funcione con arreglo a la Recomendación UIT-R F.1778, el análisis para realizar un estudio de compartición puede

---

<sup>5</sup> GRWAVE es un modelo software relacionado con la Recomendación UIT-R P.368.

realizarse como se describe en el § 2 anterior. Si el sistema adaptativo recibe la señal del enlace interferido a un nivel superior a los umbrales de la Recomendación UIT-R F.1778, puede suponerse que el sistema adaptativo detecta con éxito la señal de los sistemas interferidos y que ha realizado un cambio de frecuencia para evitar que el enlace interferido sufra interferencia. Sin embargo, si el nivel de la señal recibida es inferior a los niveles umbral de la Recomendación UIT-R F.1778, las transmisiones del sistema adaptativo pueden considerarse interferencia y el efecto puede analizarse con arreglo al modo de propagación adecuado (onda ionosférica u onda de superficie).

## Anexo 3

### Referencias

En las siguientes Recomendaciones e Informes del UIT-R se proporcionan las características de los sistemas de los servicios fijo y móvil terrestre que se han de utilizar en los estudios de compartición. También podrían aplicarse a dichos estudios otras Recomendaciones e Informes.

Recomendación UIT-R F.240 – Relaciones de protección señal/interferencia para las distintas clases de emisión en el servicio fijo por debajo de unos 30 MHz

Recomendación UIT-R F.339 – Anchuras de banda, relaciones señal/ruido y márgenes para el desvanecimiento en sistemas de radiocomunicaciones fijos y móviles terrestres en ondas decamétricas

Recomendación UIT-R F.1778 – Requisitos de acceso de canal para sistemas adaptativos en ondas decamétricas de los servicios fijo y móvil terrestre

Recomendación UIT-R F.1821 – Características de los sistemas de radiocomunicaciones digitales avanzados en ondas decamétricas

Recomendación UIT-R P.368 – Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz

Recomendación UIT-R P.372 – Ruido radioeléctrico

Recomendación UIT-R P.533 – Método de predicción de la calidad de funcionamiento de circuitos que funcionan en ondas decamétricas

Recomendación UIT-R SM.1539 – Variación del límite entre los dominios de emisión fuera de banda y no esencial requerida para la aplicación de las Recomendaciones UIT-R SM.1541 y UIT-R SM.329

Informe UIT-R F.2263 – Reliability calculations for adaptive HF fixed service networks

Manual UIT-R – Sistemas y redes de comunicación adaptativos en frecuencia en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas

---