

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R RA.1031-3
(12/2021)

**Protección del servicio de radioastronomía
en las bandas de frecuencias compartidas
con servicios activos**

Serie RA
Radio astronomía



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

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
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, 2022

© UIT 2022

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 RA.1031-3

Protección del servicio de radioastronomía en las bandas de frecuencias compartidas con servicios activos

(Cuestión UIT-R 145/7)

(1994-1995-2007-2021)

Cometido

La presente Recomendación ofrece una guía práctica que se aplica cuando, en el curso de una negociación, una o más administraciones establecen zonas de coordinación en torno a estaciones del servicio de radioastronomía con miras a proteger dicho servicio contra las interferencias causadas por servicios de radiocomunicaciones terrenales o por estaciones terrenas de transmisión utilizadas para servicios de radiocomunicaciones espaciales que comparten bandas de frecuencias con el servicio de radioastronomía.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el servicio de radioastronomía se basa en la recepción de emisiones naturales con niveles de potencia muy inferiores a los utilizados normalmente en otros servicios de radiocomunicaciones y que, por consiguiente, está particularmente expuesto a interferencias perjudiciales procedentes de transmisores en las bandas de frecuencias compartidas;
- b) que muchas bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radioastronomía están también atribuidas a otros servicios que transmiten en esas bandas;
- c) que la protección contra la interferencia perjudicial es esencial para realizar progresos en el servicio de radioastronomía y que en la Recomendación UIT-R RA.314 figuran las bandas de frecuencias preferidas para este servicio;
- d) que en las Recomendaciones UIT-R de la serie RA correspondientes figuran los niveles umbral de la interferencia perjudicial para el servicio de radioastronomía y los niveles de los criterios de pérdida de datos;
- e) que al elaborar los criterios de compartición puede ser necesario tener en cuenta las características detalladas de la interferencia y el tipo particular de medición radioastronómica;
- f) que los emplazamientos de radioastronomía se eligen cuidadosamente y que es posible tener que considerar también las características de dichos emplazamientos al realizar los cálculos de compartición;
- g) que por lo general no es posible compartir frecuencias con los transmisores situados en la línea de visibilidad directa de la antena de un observatorio radioastronómico,

recomienda

- 1** que, al hacer asignaciones a servicios que comparten bandas de frecuencias con el servicio de radioastronomía, las administraciones tomen todas las medidas posibles para evitar la interferencia perjudicial al servicio de radioastronomía;
- 2** que se procure protección a los emplazamientos de radioastronomía contra la interferencia perjudicial causada por transmisores utilizados para radiocomunicaciones terrenales o por estaciones terrenas utilizadas para comunicaciones espaciales en las bandas compartidas con el servicio de radioastronomía con iguales derechos, estableciendo zonas de coordinación en torno a los emplazamientos de radioastronomía;
- 3** que la zona de coordinación se calcule teniendo en cuenta la metodología descrita en el Anexo 1.

Anexo 1

Consideraciones relativas a la coordinación

1 Consideraciones generales

Los emplazamientos de radioastronomía se eligen específicamente para minimizar la interferencia causada por otros servicios situados en la superficie de la Tierra. Estos emplazamientos están por lo general considerablemente apartados de las principales fuentes fijas de interferencia terrenal y pueden estar apantallados por terrenos altos cercanos.

Muchas mediciones radioastronómicas pueden tolerar niveles de interferencia provocada por un servicio compartido superiores a los umbrales perjudiciales durante el 2% del tiempo de medición, suponiendo que no intervenga ningún otro tipo de mecanismo de pérdida de datos. Sin embargo, algunos tipos de mediciones tales como las relativas a fenómenos transitorios y las que dependen de observaciones simultáneas en diversos puntos de la Tierra, pueden verse fuertemente afectadas por la interferencia en instantes inoportunos.

2 Distancias de separación necesarias para la compartición

Para que tenga éxito la compartición geográfica, el transmisor interferente y el receptor interferido deben estar separados por una distancia tal que la interferencia no se considere perjudicial. En el Apéndice 7 al Reglamento de Radiocomunicaciones se define la pérdida de transmisión básica, $L_b(p)$, como:

$$L_b(p) = P_t + G_t + G_r - P_r(p) \quad (1)$$

donde:

- $L_b(p)$: mínima pérdida de transmisión básica admisible durante el $p\%$ del tiempo; las pérdidas de transmisión reales deben superar este valor durante todo el tiempo salvo el $p\%$ del mismo (dB)
- P_t : nivel de potencia transmitida en la anchura de banda de referencia a la entrada de la antena (dBW)
- G_t : ganancia de la antena transmisora (dBi)
- G_r : ganancia de la antena receptora en dirección del transmisor (dBi)
- $P_r(p)$: máxima potencia de interferencia admisible en la anchura de banda de referencia que puede rebasarse no más del $p\%$ del tiempo a la entrada del receptor (dBW).

Sin embargo, en una observación radioastronómica, la integración de la potencia recibida se efectúa en periodo de tiempo T a fin de lograr una mayor sensibilidad. En los párrafos siguientes, el resultado de esta integración se denomina observación.

La potencia recibida de una fuente de interferencia durante una observación puede expresarse de la forma siguiente:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_t(i) \cdot G_t(i) \cdot G_r(i)}{L_p(i)} \quad (2)$$

donde las siguientes cantidades se expresan en forma lineal:

- $L_p(i)$: pérdida de propagación en el instante i
- $P_t(i)$: nivel de potencia transmitida en la anchura de banda del servicio de radioastronomía a la entrada de la antena en el instante i (W)
- $G_t(i)$: ganancia de la antena transmisora en dirección de la antena de radioastronomía en el instante i
- $G_r(i)$: ganancia de la antena receptora en dirección del transmisor en el instante i
- N : número de muestras en el tiempo de integración T
- I : potencia de interferencia en la anchura de banda de referencia a la entrada del receptor promediada en el periodo de observación T (W).

Generalmente, el cálculo se realiza en un periodo de integración T de 2 000 s. Durante este periodo de tiempo, algunos parámetros pueden variar. Por ejemplo, si el transmisor utiliza el control de potencia o si el transmisor no está en actividad durante todo el periodo de observación (voz activada), P_t puede variar.

Si el transmisor es una estación terrena que sigue a un satélite, G_t también puede variar. La estación de radioastronomía puede rastrear un objeto celeste y, por consiguiente, G_r también puede variar. Ciertas condiciones atmosféricas observadas durante este periodo de tiempo, por ejemplo la lluvia, pueden también variar L_p .

Las observaciones efectuadas durante un tiempo de integración determinado se consideran perdidas cuando la potencia recibida de la fuente de interferencia, I , promediada en T , excede el valor indicado en la Recomendación UIT-R RA.769.

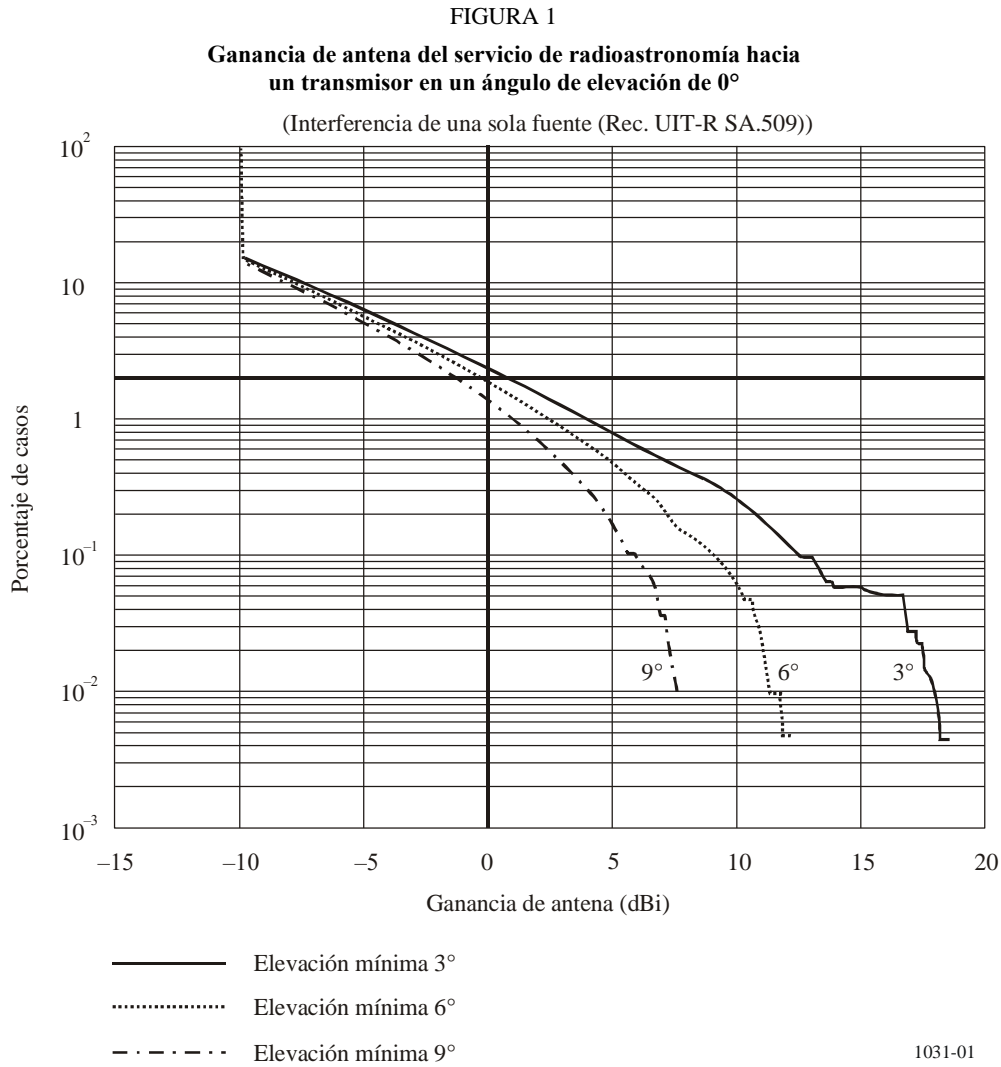
Para verificar que el porcentaje de observaciones perdido es menor que el criterio del 2% definido en la Recomendación UIT-R RA.1513, es necesario entonces efectuar el cálculo durante varios periodos de tiempo.

2.1 p.i.r.e. constante de una sola fuente de interferencia con pérdida de propagación constante

Si la p.i.r.e. del transmisor que causa la interferencia es constante (es decir, P_t y G_t son constantes), la frecuencia suficientemente baja y el transmisor está fijo, de tal modo que podemos considerar L_p constante, la única variable en todas las observaciones es entonces G_r . Para simplificar el cálculo, consideramos que la antena de radioastronomía está fija durante la observación.

Es posible aplicar la metodología descrita en la Recomendación UIT-R M.1583 para obtener estadísticas sobre la ganancia de antena de la estación de radioastronomía.

Las curvas de la Fig. 1 se obtuvieron para la frecuencia 1,4 GHz, utilizando el diagrama de antenas de gran dimensión indicado en la Recomendación UIT-R SA.509, y un diámetro de antena de 100 m. El ángulo de elevación del transmisor observado desde el radiotelescopio es igual a 0 grados. Estas curvas no cambian si se consideran otras bandas de frecuencias u otros diámetros de antena.



Según se observa en la Fig. 1, es legítimo considerar el valor 0 dBi para la ganancia de antena correspondiente a una pérdida de datos del 2%. La pérdida de propagación necesaria viene dada por la siguiente ecuación (3):

$$L = EIRP - \Delta P_H \quad (3)$$

donde:

$EIRP$: p.i.r.e. del transmisor (dBW)

ΔP_H : nivel indicado en la Recomendación UIT-R RA.769 (dBW).

2.2 Otros casos

En otros casos, tales como la variación de las pérdidas de propagación, la variación de la potencia transmitida o la variación de la ganancia de antena hacia la estación de radioastronomía, tal vez sea necesario utilizar herramientas de simulación como el método Monte-Carlo.

3 Compartición en el caso de visibilidad directa

Para una fuente de interferencia que transmite con visibilidad directa en la misma banda en la que la estación de radioastronomía efectúa la observación, L_p adopta una forma analítica sencilla y la ecuación (3) puede indicarse de la manera siguiente:

$$20 \log(4\pi d) = 20 \log \lambda + EIRP - \Delta P_H \quad (4)$$

donde:

d : distancia entre el transmisor y el receptor (m)

λ : longitud de onda (m)

ΔP_H : nivel umbral definido en la Recomendación UIT-R RA.769 (dBW).

Generalmente es imposible que el servicio de radioastronomía comparta satisfactoriamente una banda de frecuencias con cualquier otro servicio activo cuyos transmisores estén dentro de la línea de visibilidad directa de una antena de radioastronomía. La Fig. 2 ilustra este hecho. Utilizando las ecuaciones (3) y (4) se ha determinado para dos distancias la p.i.r.e. máxima que no causaría interferencia perjudicial al servicio de radioastronomía. Una de las distancias es representativa de un transmisor terrenal a gran distancia dentro de la línea de visibilidad directa, a saber un transmisor de aeronave en el horizonte a una altura de 20 km. La otra distancia es la de la órbita de los satélites geoestacionarios y, en consecuencia, es representativa de la distancia máxima de la mayoría de los transmisores de aeronave que no realizan misiones en el espacio lejano. En el caso del transmisor terrenal se han utilizado los umbrales de interferencia perjudicial que figuran en el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R RA.769. Es conveniente una protección adicional de 15 dB si el transmisor se encuentra en la órbita de los satélites geoestacionarios, a fin de poder efectuar observaciones en un margen de $\pm 5^\circ$ del satélite. Las curvas corresponden a condiciones de tiempo seco y despejado.

En la Fig. 2 se ve claramente que no parece posible la compartición de frecuencias con un transmisor terrenal situado dentro de la zona de visibilidad directa de una antena de radioastronomía en frecuencias por debajo de 10 GHz debido a las fuertes restricciones de compartición que se impondría a la p.i.r.e. del transmisor. Incluso en frecuencias de hasta 40 GHz, para que la compartición sea posible, la potencia del transmisor debe ser del orden de unos pocos milivatios o la antena de transmisión debe proporcionar una elevada discriminación en la dirección de la antena de radioastronomía.

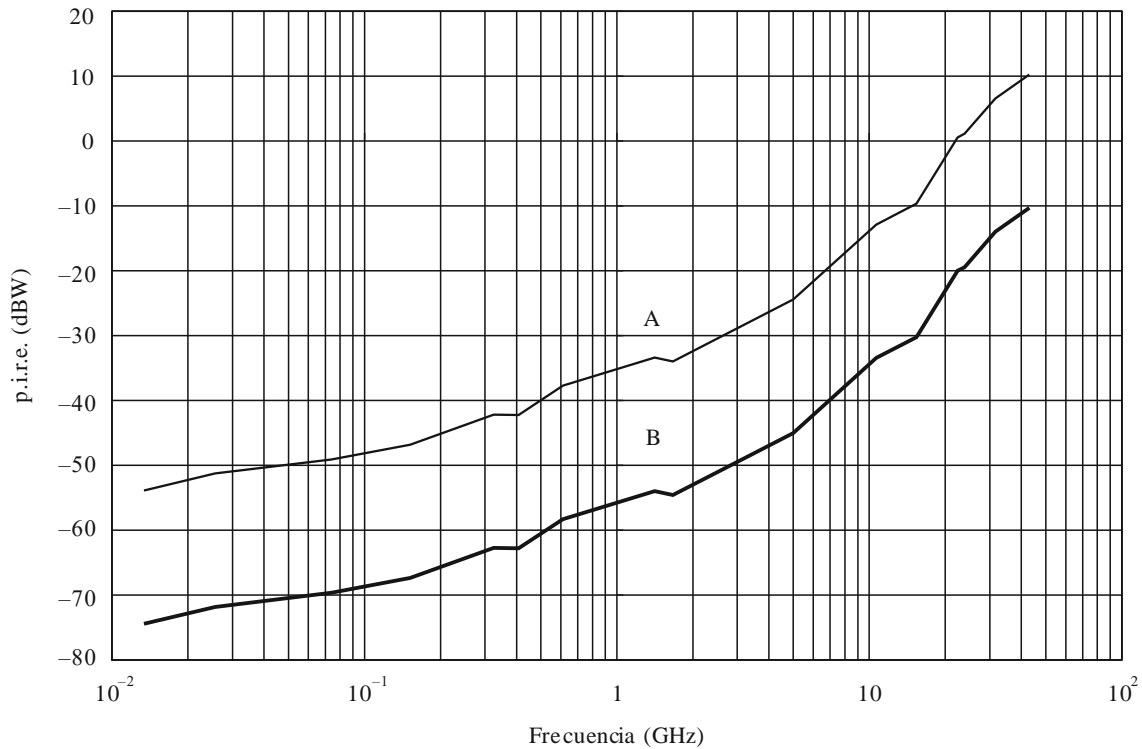
4 Compartición más allá de la línea de visibilidad directa utilizando zonas de coordinación

El establecimiento de zonas de coordinación alrededor de los emplazamientos de radioastronomía proporciona un método para evitar la interferencia procedente de transmisores utilizados para radiocomunicaciones terrenales o en estaciones terrenas utilizadas para comunicaciones espaciales que comparten la banda más allá de la línea de visibilidad directa.

Una zona de coordinación asociada a una estación de radioastronomía se define como el área en la cual la suma total de las emisiones procedentes de usuarios fuera de sus límites responde a los niveles umbral de los criterios de pérdida de datos indicados en la Recomendación UIT-R RA.1513.

El tamaño de la zona de coordinación depende de un cierto número de factores. El tipo de radiotelescopio (una sola parábola o interferometría con línea de base muy larga (VLBI)) determina los correspondientes umbrales de interferencia perjudicial que figuran en la Recomendación UIT-R RA.769. El número y distribución de los usuarios fuera de la zona, la p.i.r.e. de las transmisiones de usuario en dirección del emplazamiento de radioastronomía, la fracción del tiempo en que dichas transmisiones están activas y las características de propagación determinan la densidad de flujo de potencia interferente en el emplazamiento de radioastronomía. Las características de propagación dependen de factores tales como el perfil del terreno, la presencia de árboles y las condiciones atmosféricas. Convendría utilizar los modelos de propagación adecuados más recientes, como los que figuran en las Recomendaciones UIT-R P.452, P.526 y P.617.

FIGURA 2
p.i.r.e. en función de la frecuencia



RA.1031-02

Nota a la Fig. 2: p.i.r.e. por encima de la cual no es posible la compartición entre el servicio de radioastronomía y los servicios activos con transmisores dentro de la zona de visibilidad directa de una antena de radioastronomía. Las anchuras de banda de referencia para la p.i.r.e. del transmisor y para el receptor de radioastronomía son las atribuidas al servicio de radioastronomía. La curva A muestra los resultados para un transmisor situado en la órbita de los satélites geoestacionarios y la curva B muestra los resultados para un transmisor terrenal con visibilidad directa a 600 km.

Debido al número de factores implicados, los límites de las zonas de coordinación deben establecerse de forma individual para cada emplazamiento de radioastronomía en el que se necesite dicha zona. Hay que señalar que, en ciertos casos, la distancia de coordinación puede ser de 100 km o más. En muchos países pequeños la zona de coordinación necesaria puede rebasar las fronteras nacionales llegando hasta países vecinos donde las atribuciones de frecuencias pueden ser distintas. En ese caso, puede ser necesario aplicar condiciones especiales para determinar la zona de coordinación destinada a proteger la radioastronomía.

La zona de coordinación define una región alrededor de un observatorio radioastronómico fuera de la cual los usuarios del servicio activo pueden transmitir libremente sin provocar interferencia perjudicial a las observaciones de radioastronomía. Para los usuarios situados dentro de la zona de coordinación deben buscarse medios técnicos que impidan dicha interferencia.

En principio, también pueden establecerse zonas de coordinación para proteger los emplazamientos de radioastronomía de los transmisores móviles. En este caso, el usuario móvil debe tener un medio de determinar cuando entra en la zona de coordinación y otro medio para reducir la potencia recibida en el emplazamiento de radioastronomía a un nivel inferior al umbral de interferencia perjudicial.

En el caso de transmisores móviles a bordo de aeronaves, los tamaños de las zonas deben ser mucho mayores que en el caso de transmisores situados en la superficie terrestre, puesto que las distancias en las que se observa la propagación con visibilidad directa son mucho más grandes y aumentan con la altura de la aeronave.