

RECOMENDACIÓN UIT-R RA.769-1

CRITERIOS DE PROTECCIÓN PARA LAS MEDICIONES RADIOASTRONÓMICAS

(Cuestión UIT-R 145/7)

(1992-1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el progreso de la radioastronomía ha conducido ya a importantes adelantos tecnológicos, especialmente en las técnicas de recepción, y a aumentar el conocimiento de las limitaciones fundamentales del ruido radioeléctrico, de tanta importancia para las radiocomunicaciones, y que ese progreso deja prever otros resultados importantes;
- b) que los radioastrónomos han efectuado observaciones astronómicas útiles desde la superficie de la Tierra en frecuencias que van desde tan sólo 2 MHz hasta 800 GHz, y desde plataformas espaciales en frecuencias tan bajas como 10 kHz;
- c) que, para el progreso de la radioastronomía y de las mediciones con ella relacionadas, es indispensable la protección contra las interferencias;
- d) que la sensibilidad del equipo de recepción en radioastronomía, que no cesa de aumentar regularmente, es muy superior a la de los equipos de telecomunicación y de radar;
- e) que las condiciones de propagación en frecuencias inferiores a unos 40 MHz son tales que el funcionamiento de un transmisor en cualquier parte de la Tierra puede causar interferencia perjudicial al servicio de radioastronomía;
- f) que algunas transmisiones desde vehículos espaciales provocan problemas de interferencia en la radioastronomía, que no pueden evitarse con la elección del emplazamiento del observatorio, ni mediante protección local;
- g) que ciertos tipos de observaciones radioastronómicas requieren largos periodos de registro ininterrumpido, a veces de varios días de duración;
- h) que el servicio de radioastronomía puede sufrir interferencias perjudiciales debido a transmisiones terrenales reflejadas en la Luna, en aeronaves y, eventualmente, en satélites artificiales;
- j) que ciertos tipos de observaciones interferométricas de gran capacidad de resolución exigen la recepción simultánea, en la misma frecuencia radioeléctrica, por sistemas receptores situados en países o en continentes distintos;
- k) que la asignación de frecuencias apropiadas, en el plano nacional más bien que internacional, permite lograr cierto grado de protección;
- l) que las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones mejoraron las atribuciones de frecuencias a la radioastronomía pero que para la protección en otras bandas, particularmente en las compartidas con otros servicios radioeléctricos, será necesaria una planificación cuidadosa;
- m) que se han desarrollado los criterios técnicos respecto a la interferencia perjudicial para el servicio de radioastronomía, los cuales se indican en los Cuadros 1, 2, 3 y 4,

recomienda

- 1** que se anime a los radioastrónomos a elegir ubicaciones lo más exentas posible de interferencias;
- 2** que las administraciones se encarguen de asegurar la máxima protección posible a las frecuencias utilizadas por los radioastrónomos en sus propios países y en los países vecinos, teniendo muy en cuenta los niveles de interferencia perjudicial indicados en el Anexo 1;

3 que las administraciones, al encargarse de asegurar la protección de ciertas observaciones radioastronómicas, tomen todo género de medidas para reducir al mínimo absoluto la amplitud de las radiaciones armónicas y de otras emisiones no esenciales que caigan en las bandas de frecuencias que han de protegerse para la radioastronomía, particularmente de las emisiones provenientes de aeronaves, vehículos espaciales y globos;

4 que al proponer atribuciones de frecuencias, las administraciones tengan en cuenta que la compartición de frecuencias entre la radioastronomía y otros servicios es muy difícil cuando los transmisores y los observatorios mantienen visibilidad directa. Por encima de 40 MHz, es posible la compartición de frecuencias con otros servicios cuando no hay visibilidad directa entre los transmisores y los observatorios, pero puede ser necesaria la coordinación, especialmente si los transmisores son de gran potencia.

ANEXO 1

Sensibilidad de los sistemas de radioastronomía

1 Consideraciones generales

La forma más sencilla de definir la sensibilidad de una observación en radioastronomía consiste en expresar la variación mínima del nivel de potencia ΔP , a la entrada del radiómetro, que éste puede detectar y medir con un alto grado de certeza. La ecuación de la sensibilidad es:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\Delta f_0 t}} \quad (1)$$

donde P y ΔP se refieren a potencias de ruido, Δf_0 es la anchura de banda y t es el tiempo de integración. La ecuación (1) también es válida si P y ΔP son densidades espectrales de potencia. Por lo tanto ΔP que representa las fluctuaciones del ruido en términos de densidad espectral de potencia, en la ecuación de sensibilidad (1) está relacionado con la sensibilidad total del sistema (fluctuaciones del ruido) expresada en unidades de temperatura mediante la constante de Boltzmann, k , como se muestra en la ecuación (2):

$$\Delta P = k \Delta T; \quad \text{asimismo,} \quad P = k T \quad (2)$$

y es posible expresar la ecuación de sensibilidad del modo siguiente:

$$\Delta T = \frac{T}{\sqrt{2 \Delta f_0 t}} \quad (3)$$

donde:

$$T = T_A + T_R$$

representa las sumas de T_A (contribución del fondo cósmico, la atmósfera terrestre y la radiación terrestre en la temperatura de ruido de la antena) y T_R (temperatura de ruido del receptor). Las Ecuaciones (1) ó (3) pueden utilizarse para estimar los niveles de sensibilidad y de interferencia perjudicial para observaciones radioastronómicas. Los resultados se enumeran en los Cuadros 1 y 2, donde se ha considerado un tiempo de observación (o de integración) t de 2000 s. En el Cuadro 1 (observaciones del continuum), se considera que Δf es la anchura de banda de las bandas atribuidas a la radioastronomía. En el Cuadro 2 (observaciones de rayas espectrales) Δf es la anchura de banda del canal (correspondiente a una velocidad de 3 km/s) típica en un sistema de rayas espectrales.

Los niveles de interferencia perjudicial de los Cuadros 1 y 2 se expresan como el nivel de interferencia que introduce un error del 10% en la medición de ΔP (o ΔT), es decir,

$$\Delta P_H = 0,1 \Delta P \Delta f \quad (4)$$

En resumen, cada una de las columnas de los Cuadros 1 y 2 puede calcularse utilizando los métodos siguientes:

- ΔT , mediante la ecuación (3),
- ΔP , mediante la ecuación (2),
- ΔP_H , mediante la ecuación (4).

La interferencia perjudicial puede expresarse también por la densidad de flujo de potencia que llega a la antena en la anchura de banda total, o como una densidad espectral de flujo de potencia S_H por 1 Hz. Para mayor facilidad, se dan los valores para una antena cuya ganancia, en la dirección de llegada de la interferencia es igual a la de una antena isotrópica (antena cuya superficie efectiva es de $c^2/4\pi f^2$, siendo c la velocidad de la luz y f la frecuencia).

Los valores de $S_H \Delta f$ en dB(W/m²) se obtienen agregando a ΔP_H la cantidad:

$$20 \log f - 38,6 \quad \text{dB} \quad (5)$$

expresándose f (MHz). Para obtener S_H , basta con restar la cantidad de $10 \log \Delta f$, a fin de tener en cuenta la anchura de banda.

Las sensibilidades y los niveles de interferencia perjudicial calculados que figuran en los Cuadros 1 y 2 se basan en tiempos de integración de 2000 s. Los tiempos de integración realmente utilizados en observaciones astronómicas abarcan una amplia gama de valores. Las observaciones del continuum hechas con telescopios que trabajan aisladamente (por oposición a los sistemas interferométricos) están bastante bien representadas por el tiempo de integración de 2000 s. Este tiempo es representativo de observaciones de buena calidad. Hay muchas ocasiones en que se rebasa este tiempo en un orden de magnitud. Hay también algunos tipos de observaciones, como las observaciones de las ráfagas solares, para las cuales puede no requerirse la máxima sensibilidad obtenible. Por otra parte, el tiempo de 2000 s es menos representativo de las observaciones de rayas espectrales. Las mejoras en la estabilidad de los receptores y el mayor empleo de espectrómetros de correlación se ha traducido en una utilización más frecuente de tiempos de integración más largos. Actualmente son comunes las observaciones de rayas espectrales que duran varias horas. Un valor más representativo sería de 10 h, con la mejora consecuente de la sensibilidad en 6 dB respecto a la actual indicada en el Cuadro 2.

Cabe prever que los cambios de los sistemas receptores den lugar a una mayor calidad en el futuro. En el extremo de frecuencias altas del espectro que actualmente utilizan los radioastrónomos, es probable que las mejoras de la tecnología del receptor produzcan su máximo efecto. Si pueden lograrse temperaturas del receptor de 10 K en frecuencias superiores a 30 GHz, se obtendrán mejoras de sensibilidad de unos 6 dB.

Los niveles de los Cuadros 1 y 2 son aplicables a fuentes terrenales de señales interferentes y son válidos para emisiones intencionales y también no deseadas. La densidad de flujo de potencia perjudicial y la densidad de flujo de potencia espectral de los Cuadros 1 y 2 se basan en un caso de lóbulo lateral de 0 dBi y deben considerarse como el criterio general de interferencia para las observaciones de radioastronomía de gran sensibilidad, cuando la interferencia no entra en los lóbulos laterales próximos.

Para facilitar la tarea de determinar los niveles umbrales de interferencia en cualquier banda, en el Cuadro 3 figuran los resultados apropiados de los Cuadros 1 y 2.

En la Recomendación UIT-R SA.509 se ofrece un modelo de niveles típicos de lóbulos laterales de grandes antenas parabólicas en la gama de frecuencia 2-10 GHz. En este modelo, el nivel de los lóbulos laterales disminuye con la distancia angular ϕ (grados) desde el eje del haz principal y es igual a $32 - 25 \log \phi$ (dBi) para $1^\circ < \phi < 48^\circ$. El nivel de 0 dBi se produce a 19° con relación al eje del haz principal. Una fuente de interferencia de densidad de flujo de potencia igual a los valores umbral dados en el Cuadro 1 sería perjudicial si esa antena apuntara dentro del ángulo de 19° . Así en algunas situaciones la interferencia en los umbrales perjudiciales del Cuadro 1 puede suponer un problema para los radioastrónomos.

2 Casos especiales

2.1 Interferencia procedente de los satélites geoestacionarios

La interferencia causada por satélites geoestacionarios es un caso de particular importancia. Como los niveles de potencia de los Cuadros 1 y 2 se calcularon suponiendo una ganancia de antena de 0 dBi se tropezará con interferencia perjudicial cuando una antena de referencia, como la descrita en la Recomendación UIT-R SA.509 esté apuntada dentro de los 19° de un satélite transmitiendo en niveles correspondientes a los consignados en los cuadros. Una serie de transmisores similares situados en intervalos de 30° en torno a la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) impediría observaciones de radioastronomía de elevada sensibilidad desde una banda celeste de 38° de anchura y centrada en la órbita. La pérdida de una superficie celeste tan grande impondría severas restricciones a las observaciones de radioastronomía.

En general, no sería posible reducir las emisiones no deseadas procedentes de satélites hasta niveles inferiores al nivel perjudicial cuando el haz principal del radiotelescopio está apuntado directamente hacia el satélite. Se sugiere una solución viable observando la proyección de la OSG en las coordenadas celestes, vista desde las latitudes de una serie de observaciones radioastronómicas importantes (véase la Recomendación UIT-R RA.517). Si fuera posible apuntar un radiotelescopio dentro de los 5° de la órbita sin tropezar con interferencia perjudicial, para ese telescopio no se podría disponer de una banda celeste de 10° de anchura para observaciones de alta sensibilidad. Para un observatorio aislado ésta sería una gran pérdida. Sin embargo, para una combinación de radiotelescopios situados en latitudes septentrionales y meridionales, que funcionen a las mismas frecuencias, sería accesible todo el firmamento. Por tanto, debe considerarse que un valor de 5° es el requisito de separación angular mínima entre el haz principal de una antena de radioastronomía y la OSG.

En el modelo de respuesta de antena de la Recomendación UIT-R SA.509, el nivel de lóbulos laterales para un ángulo de 5° con respecto al haz principal es de 15 dBi. Por tanto, para evitar interferencia perjudicial a un radiotelescopio apuntado dentro de los 5° del transmisor, las emisiones de satélite deben reducirse 15 dB por debajo de las densidades de flujo de potencia indicadas en los Cuadros 1 y 2. Cuando los satélites están separados sólo unos pocos grados en la OSG, los niveles de emisión procedentes de cada transmisor deben ser más pequeños todavía, para cumplir el requisito de que la suma de las potencias de todas las señales interferentes recibidas esté 15 dB por debajo de ΔP_H en los Cuadros 1 y 2.

Se reconoce que, en la práctica, no pueden obtenerse las limitaciones de las emisiones antes citadas, a fin de permitir la compartición de la misma banda de frecuencias entre la radioastronomía y las transmisiones de enlace descendente procedentes de satélites. Las limitaciones son, sin embargo, aplicables a emisiones no deseadas desde los transmisores de satélite que caen dentro de las bandas de radioastronomía enumeradas en los Cuadros 1 y 2. Estas limitaciones de las emisiones tienen repercusiones para los servicios espaciales responsables de la interferencia, que requiere una evaluación cuidadosa. Además, en el diseño de nuevas antenas de radioastronomía debe procurarse reducir al mínimo el nivel de ganancia de los lóbulos laterales próximos al haz principal, como medio importante de reducir la interferencia causada por transmisores situados en OSG.

2.2 Respuesta de los interferómetros y de los sistemas de antenas a la interferencia radioeléctrica

Hay dos efectos que reducen la respuesta a la interferencia y que están relacionados con la frecuencia de las franjas de interferencia que se observan cuando se combinan las salidas de las dos antenas y con el hecho de que las componentes de la señal interferente recibida por antenas distintas y muy separadas experimentarán retardos temporales relativos distintos antes de recombinarse. El tratamiento de estos efectos es más complicado que en el caso de las antenas sencillas del § 1. En términos generales, el efecto principal es que el tiempo de integración efectivo en el que la interferencia afecta a la medición, se reduce del tiempo total de observación al tiempo medio de un periodo de la franja de interferencia. Esto va típicamente desde algunos segundos para una formación de antenas compacta con separación proyectada máxima $L' \sim 10^3 \lambda$, siendo λ la longitud de onda, hasta menos de 1 ms para las formaciones intercontinentales con $L' \sim 10^7 \lambda$. Así pues, en comparación con un solo radiotelescopio, el interferómetro tiene un grado de inmunidad a la interferencia que, en condiciones de hipótesis razonables, aumenta con el tamaño del sistema de antenas expresado en longitudes de onda.

La inmunidad máxima a la interferencia se produce para los interferómetros y las formaciones de antenas en las que la separación de éstas es suficientemente grande, de forma que la probabilidad de aparición de interferencia correlacionada es muy pequeña (por ejemplo, para la interferometría de línea de base muy larga (VLBI)). En este caso, las consideraciones anteriores no son aplicables. El nivel de interferencia tolerable viene determinado por el requisito de que el nivel de potencia de la señal interferente no debe ser mayor del 1% de la potencia de ruido recibida, a fin de evitar errores graves en las mediciones de la amplitud de las señales cósmicas. En el Cuadro 4 figuran los niveles de interferencia perjudicial para las observaciones VLBI típicas.

Hay que hacer hincapié en que la utilización de interferómetros y sistemas de antenas grandes se limita generalmente a los estudios de fuentes discretas de gran brillo, con dimensiones angulares no superiores a algunas décimas de segundo de arco para la VLBI. En el caso de estudios más generales de fuentes radioeléctricas, se aplican los resultados de los Cuadros 1 y 2 que son adecuados para la protección general de la radioastronomía.

CUADRO 1

Niveles umbrales de interferencia perjudicial para las observaciones radioastronómicas del continuum

Frecuencia central ⁽¹⁾ f_c (MHz)	Anchura de banda supuesta Δf_A (MHz)	Temperatura mínima de ruido de la antena T_A (K)	Temperatura de ruido del receptor T_R (K)	Sensibilidad del sistema ⁽²⁾ (fluctuaciones del ruido)		Niveles umbrales de interferencia ^{(2) (3)}		
				Temperatura ΔT (mK)	Densidad espectral de potencia ΔP (dB(W/Hz))	Potencia a la entrada ΔP_H (dBW)	Densidad de flujo de potencia $S_H \Delta f_A$ (dB(W/m ²))	Densidad espectral de flujo de potencia S_H (dB(W/(m ² · Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
13,385	0,05	60 000	100	4 250	- 222	- 185	- 201	- 248
25,610	0,120	20 000	100	917	- 229	- 188	- 199	- 249
73,8	1,6	1 000	100	14	- 247	- 195	- 196	- 258
151,525	2,95	200	100	2,76	- 254	- 199	- 194	- 259
325,3	6,6	40	100	0,86	- 259	- 201	- 189	- 258
408,05	3,9	25	100	1,00	- 259	- 203	- 189	- 255
611	6,0	15	100	0,74	- 260	- 202	- 185	- 253
1 413,5	27	10	20	0,091	- 269	- 205	- 180	- 255
1 665	10	10	20	0,15	- 267	- 207	- 181	- 251
2 695	10	10	20	0,15	- 267	- 207	- 177	- 247
4 995	10	10	20	0,15	- 267	- 207	- 171	- 241
10 650	100	12	20	0,05	- 272	- 202	- 160	- 240
15 375	50	15	30	0,10	- 269	- 202	- 156	- 233
23 800	400	15	50	0,051	- 271	- 195	- 147	- 233
31 550	500	18	100	0,083	- 269	- 192	- 141	- 228
43 000	1 000	25	100	0,063	- 271	- 191	- 137	- 227
89 000	6 000	30	150	0,037	- 273	- 185	- 125	- 222
110 500	11 000	40	150	0,029	- 274	- 184	- 121	- 222
166 000	4 000	40	150	0,048	- 272	- 186	- 120	- 216
224 000	14 000	40	200	0,032	- 274	- 182	- 114	- 215
270 000	10 000	40	200	0,038	- 273	- 183	- 113	- 213

- (1) Los cálculos de los niveles de interferencia se basan en la frecuencia central indica en esta columna, aunque no todas las regiones tienen las mismas asignaciones.
- (2) Se ha supuesto un tiempo de integración de 2 000 s; si se utilizan tiempos de integración de 15 min, 1 h, 2 h, 5 h ó 10 h, los valores correspondientes en el cuadro deben modificarse en +1,7, -1,3, -2,8, -4,8 ó -6,3 dB, respectivamente.
- (3) Los niveles de interferencia indicados son los que se aplican a las mediciones de la potencia total recibida por una sola antena. Pueden ser adecuados otros niveles menos estrictos para otros tipos de mediciones, como se indica en el § 2.2. En los transmisores situados en la OSG, los niveles deben ser -15 dB inferiores, como se indica en el § 2.1.

Niveles umbrales de interferencia perjudicial para las observaciones radioastronómicas de rayas espectrales

Frecuencia f (MHz)	Anchura de banda de canal supuesta de la raya espectral Δf_c (kHz)	Temperatura mínima de ruido de la antena T_A (K)	Temperatura de ruido del receptor T_R (K)	Sensibilidad del sistema ⁽¹⁾ (fluctuaciones del ruido)		Niveles de interferencia perjudicial ^{(1) (2)}		
				Temperatura ΔT (mK)	Densidad espectral de potencia ΔP (dB(W/Hz))	Potencia a la entrada ΔP_H (dBW)	Densidad de flujo de potencia $S_H \Delta f_c$ (dB(W/m ²))	Densidad espectral de flujo de potencia S_H (dB(W/(m ² · Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
327	10	40	100	22,1	-245	-215	-204	-244
1 420	20	10	20	3,35	-253	-220	-196	-239
1 612	20	10	20	3,35	-253	-220	-194	-238
1 665	20	10	20	3,35	-253	-220	-194	-237
4 830	50	10	20	2,12	-255	-218	-183	-230
14 500	150	15	30	1,84	-256	-214	-169	-221
22 200	250	40	50	2,85	-254	-210	-162	-216
23 700	250	40	50	2,85	-254	-210	-161	-215
43 000	500	25	100	2,80	-254	-207	-153	-210
48 000	500	30	100	2,91	-254	-207	-152	-209
88 600	1 000	30	150	2,85	-254	-204	-144	-204
98 000	1 000	40	150	3,00	-254	-204	-143	-203
115 000	1 000	50	150	3,16	-254	-204	-141	-201
140 000	1 500	40	150	2,45	-255	-203	-139	-200
178 000	1 500	40	150	2,45	-255	-203	-136	-198
220 000	2 500	40	200	2,40	-255	-201	-133	-197
265 000	2 500	40	200	2,40	-255	-201	-131	-195

* Este cuadro no pretende dar una lista completa de las bandas de rayas espectrales, sino ejemplos representativos en todo el espectro.

- (1) Se ha supuesto un tiempo de integración de 2 000 s; si se utilizan tiempos de integración de 15 min, 1 h, 2 h, 5 h ó 10 h, los valores correspondientes en el cuadro deben modificarse en +1,7, -1,3, -2,8, -4,8 ó -6,3 dB, respectivamente.
- (2) Los niveles de interferencia indicados son los que se aplican a las mediciones de la potencia total recibida por una sola antena. Pueden ser adecuados otros niveles menos estrictos para otros tipos de mediciones, como se indica en el § 2.2. En los transmisores situados en la OSG, los niveles deben ser -15 dB inferiores, como se indica en el § 2.1.

DESCRIPCIÓN DE LAS COLUMNAS DE LOS CUADROS 1 Y 2

Columna

- (1) Frecuencia central de la banda atribuida a la de radioastronomía (Cuadro 1) o frecuencia nominal de la raya espectral (Cuadro 2).
- (2) Anchura de banda supuesta o atribuida (Cuadro 1) o anchura de banda típica supuesta utilizada para las observaciones de las rayas espectrales (Cuadro 2).
- (3) La temperatura mínima de ruido de la antena incluye las contribuciones de la ionosfera, de la atmósfera terrestre y de la radiación procedente de la Tierra.
- (4) Temperatura de ruido del receptor representativa de un buen sistema radiométrico destinado a observaciones radioastronómicas de alta sensibilidad.
- (5) Sensibilidad total del sistema en milikelvins calculada a partir de la ecuación (1) teniendo en cuenta las temperaturas combinadas de ruido de la antena y del receptor, la anchura de banda indicada y un tiempo de integración de 2 000 s.
- (6) Como en (5), pero expresada en términos de densidad espectral de potencia de ruido a partir de la ecuación $\Delta P = k \Delta T$, donde $k = 1,38 \times 10^{-23}$ (J/K) (constante de Boltzmann). Los valores reales del cuadro son la expresión logarítmica de ΔP .
- (7) Nivel de potencia a la entrada del receptor que se considera perjudicial para las observaciones de gran sensibilidad (ΔP_H). Se expresa como nivel de interferencia que introduce en la medición de ΔP un error no superior al 10%: $\Delta P_H = 0,1 \Delta P \Delta f$. Los valores del cuadro son la expresión logarítmica de ΔP_H .
- (8) Densidad de flujo de potencia en el canal de la raya espectral necesaria para producir un nivel de potencia ΔP_H en un sistema receptor con una antena receptora isótropa. Los valores del cuadro son la expresión logarítmica de $S_H \Delta f$.
- (9) Densidad espectral de flujo de potencia en el canal de la raya espectral necesaria para producir un nivel de potencia ΔP_H en un sistema receptor con una antena receptora isótropa. Los valores del cuadro son la expresión logarítmica de S_H .

CUADRO 3

Cuadro simplificado de niveles umbrales de interferencia obtenido a partir de los Cuadros 1 y 2

Banda de radioastronomía	Densidad de flujo de potencia (dB(W/m ²))	Densidad espectral de flujo de potencia (dB(W/(m ² · Hz)))
13,36-13,41 MHz	-201	-248
25,55-26,70 MHz	-199	-249
73,0-74,6 MHz	-196	-258
150,05-153,0 MHz	-194	-259
322,0-328,6 MHz	-204	-258
406,1-410,0 MHz	-189	-255
608-614 MHz	-185	-253
1 400-1 427 MHz	-196	-255
1 610,6-1 613,8 MHz	-194	-238
1 660-1 670 MHz	-194	-251
2 690-2 700 MHz	-177	-247
4 990-5 000 MHz	-171	-241
10,6-10,7 GHz	-160	-240
15,35-15,4 MHz	-156	-233
22,1-22,5 GHz	-162	-233
23,6-24,0 GHz	-161	-233
31,3-31,8 GHz	-141	-228
42,5-43,5 GHz	-153	-227
86-92 GHz	-144	-222
105-116 GHz	-141	-222
164-168 GHz	-136	-216
182-185 GHz	-135	-216
217-231 GHz	-133	-215
265-275 GHz	-131	-213

CUADRO 4

**Niveles de interferencia perjudicial
para observaciones VLBI**

Frecuencia central, $f_c^{(1)}$ (MHz)	Nivel de interferencia perjudicial, S_H (dB(W/(m ² · Hz)))
325,3	-215
611	-211
1 413,5	-209
2 695	-204
4 995	-198
10 650	-192
15 375	-187
23 800	-182
43 000	-173
86 000	-166

⁽¹⁾ Los niveles de interferencia perjudicial para otras frecuencias utilizadas en la VLBI pueden obtenerse mediante interpolación.
