

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R SA.1026-5**  
(07/2017)

**Criterios de interferencia combinada para  
los sistemas de transmisión de datos  
espacio-Tierra que funcionan en los  
servicios de exploración de la Tierra por  
satélite y de meteorología por satélite  
utilizando satélites de órbita terrestre baja**

**Serie SA**  
**Aplicaciones espaciales y meteorología**



## 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
<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>	Servicio fijo
<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>	<b>Aplicaciones espaciales y meteorología</b>
<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, 2018

© UIT 2018

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 SA.1026-5

**Criterios de interferencia combinada para los sistemas de transmisión de datos espacio-Tierra que funcionan en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite utilizando satélites de órbita terrestre baja**

(Cuestiones UIT-R 139/7 y UIT-R 141/7)

(1994-1995-1997-1999-2009-2017)

**Cometido**

El objeto de esta Recomendación es proporcionar los criterios de interferencia combinada para las transmisiones espacio-Tierra procedentes de satélites en órbita terrestre baja, aplicables a los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite.

**Palabras clave**

SETS, METSAT, satélites no OSG, criterios de interferencia combinada

**Recomendaciones e Informes conexos**

Recomendaciones UIT-R SA.514, UIT-R SA.1020, UIT-R SA.1021, UIT-R SA.1022, UIT-R SA.1023, UIT-R SA.1027, UIT-R SA.1159

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el sistema ficticio de referencia señalado en la Recomendación UIT-R SA.1020 define enlaces espacio-Tierra para un cierto número de funciones que incluyen la lectura de datos directa y la reproducción de datos registrados;
- b) que es necesario establecer criterios de interferencia para asegurar que puedan diseñarse sistemas que tengan la calidad de funcionamiento adecuada en presencia de interferencia y para ayudar a elaborar criterios para la compartición de bandas entre sistemas, incluidos los de otros servicios;
- c) que los vehículos espaciales de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite pueden utilizar órbitas bajas;
- d) que en la Recomendación UIT-R SA.1159 se especifican, para varias bandas de frecuencias, los objetivos de calidad de funcionamiento de los sistemas de transmisión de datos espacio-Tierra correspondientes en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite;
- e) que, aunque los sistemas concretos de transmisión de datos puedan tener objetivos de calidad de funcionamiento diferentes de los recomendados para los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite, todos los sistemas que funcionen en esos servicios deben aceptar criterios de interferencia mayores o iguales que los niveles de interferencia admisibles recomendados para los servicios;
- f) que utilizando los métodos indicados en la Recomendación UIT-R SA.1022 se obtienen los criterios de interferencia para los sistemas de transmisión de datos en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite;
- g) que el Anexo 1 presenta los parámetros de sistemas representativos que proporcionan la base para determinar los criterios de interferencia en las transmisiones espacio-Tierra correspondientes de

los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite en algunas bandas de frecuencias,

*recomienda*

1 que se utilicen los criterios de interferencia para las bandas de frecuencias especificados en el Cuadro 1 como niveles de potencia combinada admisible de la señal interferente en la salida de antena de las estaciones terrenas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite con satélites en órbita baja.

CUADRO 1

**Criterios de interferencia para las estaciones terrenas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite que utilizan vehículos espaciales en órbita baja (véanse las Notas 1, 2, 3, 4)**

<b>Banda de frecuencias</b>	<b>Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse más del 20% del tiempo</b>	<b>Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse durante más del 0,0125% del tiempo. (Este valor se basa en el requisito de calidad de funcionamiento durante el 99,9% del tiempo esta-blecido en la Recomendación UIT-R SA.1159-3)</b>
137-138 MHz	-142 dBW por 150 kHz <sup>(1)</sup>	-136 dBW por 150 kHz <sup>(1)</sup>
400,15-401,00 MHz	-157 dBW por 177,5 kHz	-147 dBW por 177,5 kHz
1 698-1 710 MHz	-146 dBW por 2 668 kHz	-138 dBW por 2 668 kHz
7 750-7 900 MHz	-144 dBW por 10 MHz	-127 dBW por 10 MHz
8 025-8 400 MHz	-147 dBW por 10 MHz	-133 dBW por 10 MHz
25,5-27,0 GHz	-140 dBW por 10 MHz	-116 dBW por 10 MHz

<sup>(1)</sup> Las potencias de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia se dan para una recepción con ángulos de elevación  $\geq 25^\circ$ , en todos los casos el mínimo ángulo de elevación es  $5^\circ$ .

*Notas al Cuadro 1:*

NOTA 1 – El nivel de potencia combinada de la señal interferente que puede rebasarse durante el  $x\%$  del tiempo, siendo  $x$  inferior a 20% pero superior al porcentaje de tiempo a corto plazo especificado (0,0125% del tiempo), puede determinarse por interpolación entre los valores especificados, utilizando una escala logarítmica (de base 10) para el porcentaje de tiempo y una escala lineal para la densidad de potencia de la señal interferente (dB).

NOTA 2 – Los criterios de interferencia se especifican con respecto al porcentaje de tiempo de recepción por la estación terrena. En consecuencia, las estadísticas de calidad de funcionamiento del receptor relativas a la recepción procedente de un satélite en particular (es decir, la distribución acumulativa de la proporción de bits erróneos (BER)) son las mismas que las estadísticas de recepción procedente de diversos satélites similares. El tiempo total de recepción incluye los periodos de tiempo asociados a la adquisición inicial de la señal (es decir, antes y durante la ascensión local del satélite), a la sincronización del receptor a los datos y a la recepción sincronizada de datos. Por lo tanto, como el tiempo necesario para la adquisición inicial de la señal y la sincronización puede ser de varias decenas de segundos dentro del tiempo total de los periodos de visibilidad del satélite, que por término medio duran 9 min, los análisis de la calidad de funcionamiento a corto plazo que presenta el Anexo 1 (es decir, la calidad de funcionamiento rebasada durante todo el tiempo, salvo un pequeño porcentaje de tiempo  $p$ ,  $p \leq 1\%$ ) suponen que el satélite tiene el ángulo de elevación mínimo correspondiente al objetivo de calidad de funcionamiento aplicable. Con esto se obtiene la calidad de funcionamiento BER rebasada durante todo el tiempo salvo el  $p\%$  del mismo, puesto que  $E_b/N_0$  y BER están relacionadas de forma monótona con el ángulo de elevación.

*Notas del Cuadro 1 (fin):*

NOTA 3 – El ángulo de elevación rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% durante la recepción, se aproxima adecuadamente mediante el ángulo rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% en que el satélite es visible por encima del ángulo de elevación mínimo especificado en el objetivo de calidad de funcionamiento. Se hace esta aproximación en los análisis de calidad de funcionamiento que figuran en el Anexo 1 porque el error de tiempo acumulativo subyacente no puede rebasar el 1% (es decir, el  $p\%$  del tiempo) y el error total asociado a la ganancia de antena del satélite, a las pérdidas en el espacio libre, a las pérdidas en el trayecto por exceso y a los valores de los parámetros de la estación terrena, es despreciable. Con el ángulo de elevación resultante rebasado durante todo el tiempo salvo el 20% del tiempo de recepción se obtiene la calidad de funcionamiento BER rebasada durante todo el tiempo salvo el 20%, porque  $E_b/N_0$  y BER están relacionadas de forma monótona con el ángulo de elevación.

NOTA 4 – En bandas de frecuencias distintas de las que figuran en el Cuadro 1 es aplicable el criterio de interferencia de la Recomendación UIT-R SA.514.

## Anexo 1

### Fundamentos para determinar los criterios de interferencia

#### 1 Introducción

Este Anexo presenta, para cada banda, los parámetros utilizados con la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022 para obtener los criterios de interferencia en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite, utilizando los objetivos de calidad de funcionamiento especificados en la Recomendación UIT-R SA.1159. Los requisitos de los análisis de calidad de funcionamiento para varios sistemas de referencia se resumen en el Cuadro 2. En todos los casos, los sistemas representativos utilizan satélites en órbitas circulares muy inclinadas.

Cabe observar que en el Cuadro 2 y los §§ 2 a 7 siguientes, los términos  $M_{min}$ ,  $M_{min}$  (a largo plazo) y  $M_{min}$  (a corto plazo) deben entenderse en el sentido de la metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1022, a saber, «el margen libre de interferencia más pequeño para el que debe protegerse completamente». No debe tomarse como representativo de todos los sistemas SETS y METSAT, en particular los del Cuadro 2, algunos sistemas de los cuales presentan márgenes de potencia más pequeños.

## CUADRO 2

## Análisis de calidad de funcionamiento utilizados para establecer los criterios de interferencia

Banda de frecuencias (MHz)	137-138		137-138		137-138	
Tipo de estación terrena	Estación terrena de baja ganancia (APT) (Sistema A)		Estación terrena de seguimiento (LRPT) (Sistema B)		Estación terrena de baja ganancia (LRPT) (Sistema c)	
Porcentaje de tiempo, $p$	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	25°	30°	5°	13°	25°	30°
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	4,9		6,8		6,8	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	0,7	1,1	-1,2	-0,5	0,7	1,1
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	5,6	6,0	5,6	6,3	7,5	7,9
Pérdida en espacio libre (dB)	139,4	138,5	144,3	142,2	139,4	138,5
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	0,2		0,1	0,1	0,1	
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	2,0		10,0	10,0	2,0	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,0		0,0	0,0	0,0	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	1,5		1,5	1,5	1,5	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	0,0		2,0	2,0	2,0	
Anchura de banda de referencia del receptor (kHz)	50		150		150	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	Anchura de banda ocupada 45,7		48,6		48,6	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-179,2 ( $C_0$ )	-177,9 ( $C_0$ )	-180,9	-178,1	-182,1	-180,8
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	2 520		1 750		1 750	
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-194,6		-196,2		-196,2	
Densidad de potencia de ruido no térmico en el receptor (dB(W/Hz))	-		-		-	
Densidad de potencia de ruido total interno, $N_0$ (dB(W/Hz))	-194,6		-196,2		-196,2	
$E_b/N_0$ (dB)	15,4( $C_0/N_0$ )	16,7( $C_0/N_0$ )	15,3	18,1	14,1	15,4
BER del enlace	-		$10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
BER global recibida	-		$< 10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
Umbral $E_b/N_0$ (o $C/N$ ) (dB)	12,0		6,5		6,5	
Margen de potencia (dB)	3,4	4,7	8,8	11,6	7,6	8,9
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,5 (lp)	1 (cp)	0,6 (lp)	1 (cp)	0,6 (lp)	1 (cp)
$M_{\min}$ (dB)	0,8		1,2		1,2	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-151	-145	-141	-133	-142	-136

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	400,15-401,00		1 698-1 710			
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Antena sin seguimiento (omnidireccional) (Sistema A)		Lectura directa de datos (Sistema A)		Lectura directa de datos (Sistema B)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, <i>p</i>	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el <i>p</i> % del tiempo)	5°	13°	5°	13°	5°	13°
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	11,1		6,1		6,1	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	0,0	0,0	2,1	2,0	2,1	2,0
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	11,1	11,1	8,2	8,1	8,2	8,1
Pérdidas en espacio libre (dB)	153,6	151,4	166,3	164,0	166,3	164,0
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	0,2		0,2	0,0	0,2	
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	0,0		46,8		29,8	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,0		0,5		0,5	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,3		0,2		0,5	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,0		2,7		2,7	
Anchura de banda de referencia del receptor (kHz)	177,5		5 334		2 668	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	49,5		64,2		58,2	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-194,5	-192,3	-179,1	-176,7	-190,4	-188,2
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	400		320	210	370	240
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-202,6		-203,5	-205,4	-202,9	-204,8
Densidad de potencia de ruido no térmico en el receptor (dB(W/Hz))	-211,7		-202,4		-204,2	
Densidad de potencia de ruido total interno, $N_0$ (dB(W/Hz))	-202,1		-199,9	-200,6	-200,5	-201,5
$E_b/N_0$ (dB)	7,6	9,8	20,8	23,9	10,1	13,3
BER del enlace	$< 10^{-8}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-12}$		$6 \times 10^{-5}$	$< 10^{-9}$
Proporción de errores en el tratamiento de datos en el satélite	-	-	$5 \times 10^{-7}$		-	-
BER global recibida	$< 10^{-8}$	$< 10^{-10}$	$5 \times 10^{-7}$		$6 \times 10^{-5}$	$< 10^{-9}$
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	5,5	5,5	11,2		10,5	10,5
Margen de potencia (dB)	2,1	4,3	9,6	12,7	-0,4	2,8
Factor <i>q</i> (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,33 (lp)	1 (cp)	0,6 (lp)	1 (cp)	0,33 (lp)	1 (cp)
$M_{min}$ (dB)	1,2		1,2		1,2	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-157	-147	-128	-121	-146	-138

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	1 698-1 710		7 750-7 900			
	Lectura directa de datos (Sistema C)		Reproducción de datos registrados (antena de 10 m) (Sistema A)		Lectura directa de datos (Sistema B)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20	0,05	20	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	5	8	5	13	5	8
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	9,9		6,5		16,3	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	3,2	3,2	6,0	5,8	4,0	4,1
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	13,1	13,0	12,5	12,3	20,3	20,4
Pérdidas en espacio libre (dB)	166,1	164,0	179,5	177,3	179,4	177,2
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	0,2	0,2	3,5	0,5	0,5	0,5
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	22,5		55,2		41,7	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		0,5		0,5	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,5		0,2		0,5	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,5		2,0		2,5	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	6,0		10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	65,3		78,5		72,4	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-199,6	-197,5	-196,4	-191,5	-193,8	-191,5
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	80	70	180	150	115	95
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-209,6	-210,1	-206,0	-206,8	-208,0	-208,8
$E_b/N_0$ (dB)	10,0	12,7	9,6	15,4	14,2	17,3
BER del enlace	$10^{-8}$		$10^{-7}$		$10^{-8}$	
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	3,6		7,20		4,1	
Margen de potencia (dB)	6,4	9,1	2,40	8,2	10,1	13,2
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,33 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)
$M_{mín}$ (dB)	4,5		4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-144	-134	-146	-129	-144	-126

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	7 750-7 900			
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Lectura directa de datos (Sistema C)		Lectura directa de datos (Sistema D)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	5	8	5	13
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	9,6		19,4	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	9,6	9,6	3,3	3,3
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	19,2	19,2	22,7	22,7
Pérdidas en espacio libre (dB)	179	177	179,4	177
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	0,5	0,5	2,9	0,5
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	44,9		44,3	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		1	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,5		0,1	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,5		3,2	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	71,1		79,0	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-190	-188	-198,6	-193,8
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	343	343	252,5	252,5
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-203	-203	-204,6	-204,6
$E_b/N_0$ (dB)	13,0	15,0	5,9	10,7
BER del enlace	$10^{-6}$		$10^{-6}$	
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	5,0		2,63	
Margen de potencia (dB)	8,0	10	3,3	8,1
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)
$M_{min}$ (dB)	4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia (dBW) en la anchura de banda de referencia	-140	-123	-144	-127

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	8 025-8 400					
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Reproducción de datos registrados (Sistema A)		Reproducción de datos registrados (Sistema B)		Lectura directa de datos (Sistema C)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20	0,05	20	0,05	20,0
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	5°	13°	5°	13°	5°	13°
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	12		3		16,9	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	2,4	3,7	28		6,1	
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	14,4	15,7	31		23	
Pérdidas en espacio libre (dB)	179,3	177	180	177,8	179,3	177,0
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	1,2	0,8	1,2	0,8	0,7	0,6
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	54,8		41,7		42,5	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		0,1		0,5	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,4		0,2		0,5	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,0		1,5		2,0	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	10		10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	85,1		83		73	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-199,3	-195,3	-193,3	-190,8	-190,5	-188,1
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	50	50	100	100	292	275
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-211,6	-211,6	-208,6	-208,6	-203,9	-204,2
Densidad de potencia de ruido total interno, $N_0$ (dB(W/Hz))	-211,6	-211,6	-208,6	-208,6	-203,9	-204,2
$E_b/N_0$ (dB)	12,3	16,3	15,3	17,8	13,5	16,1
BER del enlace	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$
BER global recibida	$< 10^{-10}$		$< 10^{-7}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-5}$	$< 10^{-5}$
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	7,2		6,3		9,6	
Margen de potencia (dB)	5,1	9,1	9,0	11,5	3,8	6,5
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)
$M_{min}$ (dB)	4,5		4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-151	-133	-145	-127	-144	-129

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	8 025-8 400			
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Reproducción de datos registrados (Sistema D)		Reproducción de datos registrados (Sistema E)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20	0,05	20,0
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	5°	13°	5°	13°
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	15,3		10,0	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	5,5	5,0	3,5	
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	20,8	20,3	13,5	
Pérdidas en espacio libre (dB)	179,8	177,6	179,8	177,6
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	1,6	1,0	1,6	1,0
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	54,8		57,0	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		0,5	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,6		0,6	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	4,9		2,4	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	84,2		84,45	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-196,0	-193,7	-198,85	-196,05
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	125	125	120	120
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-207,6	-207,6	-207,8	-207,8
Densidad de potencia de ruido total interno, $N_0$ (dB(W/Hz))	-207,6	-207,6	-207,8	-207,8
$E_b/N_0$ (dB)	11,6	13,9	8,95	11,75
BER del enlace	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$	$< 10^{-10}$
BER global recibida	$< 10^{-10}$		$< 10^{-10}$	
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	7,6		5,6	
Margen de potencia (dB)	4,0	6,3	3,35	6,15
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)
$M_{min}$ (dB)	4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-147	-132	-147	-133

CUADRO 2 (continuación)

Banda de frecuencias (MHz)	25 500-27 000							
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Datos de misión almacenados (Sistema A Modo 1)		Lectura directa de datos (Sistema A Modo 2)		Lectura directa de datos a alta velocidad (Sistema B)		Datos de misión almacenados (Sistema C)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20,0	0,05	20,0	0,05	20,0	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ de tiempo)	5°	13°	5°	13°	5°	13°	5°	8°
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	13,0		13,0		13,0	14,8	6,4	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	28,0		25,0		39,1		37,2	
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	41,0		38,0		52,1	53,9	43,6	43,6
Pérdida en espacio libre (dB)	189,8	187,7	189,8	187,7	188,8	186,4	190,0	187,9
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	6,4	1,0	6,4	1,0	6,4	1,0	1,0	1,0
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	55,2		42,5		42,5	38,0	58,2	58,2
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		0,5		0,5		0,5	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,2		0,2		0,2		0,5	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,0		2,0		2,0		2,5	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	10		10		10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	90,0		76,0		90,0		81,2	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-191,9	-184,1	-194,5	-186,9	-193,3	-188,2	-173,6	-171,5
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	715,9	557,6	715,9	557,6	552,7	272,8	350	300
Densidad de potencia de ruido total interno, $N_0$ (dB(W/Hz))	-200,1	-201,1	-200,1	-201,1	-201,2	-204,2	-203,1	-203,8
$E_b/N_0$ (dB)	7,3	16,0	5,6	14,3	7,9	16,0	29,5	32,4
BER del enlace	$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-8}$	
Proporción de errores en el tratamiento de datos en el satélite	$5 \times 10^{-7}$		-		-		-	
BER global recibida	$1,5 \times 10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-6}$		$10^{-8}$	
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	5,6	5,6
Margen de potencia (dB)	3,4	12,1	1,7	10,4	4,0	12,1	23,9	26,8
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1 (cp)
$M_{min}$ (dB)	4,5		4,5		4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-140	-119	-140	-121	-141	-122	-134	-107

CUADRO 2 (fin)

Banda de frecuencias (MHz)	25 500-27 000			
Tipo de estación terrena o tipo de transmisión	Datos de misión almacenados (Sistema D)		Datos de misión almacenados (Sistema E)	
Porcentaje de tiempo en el que no se satisface el margen del enlace, $p$	0,05	20	0,05	20
Ángulo de elevación (rebasado el $p\%$ del tiempo)	5	13	5	13
Potencia de entrada de la antena del satélite (dBW)	9,0		14,8	
Ganancia de la antena del satélite (dBic)	38,0	38,0	27,5	27,5
p.i.r.e. del satélite (dBWi)	47,0	47,0	42,3	42,3
Pérdidas en espacio libre (dB)	190	188	190,04	188
Pérdidas de trayecto en exceso (dB)	6,4	1,0	8,72	1
Ganancia de antena de estación terrena (dBic)	55,4		59,6	
Pérdida por error en la puntería de antena (dB)	0,5		0,3	
Pérdida por desadaptación de polarización (dB)	0,2		0	
Pérdidas en el modulador y demodulador (dB)	2,0		5,7	
Anchura de banda de referencia del receptor (MHz)	10		10	
Velocidad de transmisión de datos (dB/Hz)	81,1		85,9	
Energía recibida por bit, $E_b$ (dB(W/Hz))	-178	-170	-188,8	-179
Temperatura de ruido del sistema receptor (K)	363	363	395,5	395,5
Densidad de potencia de ruido térmico (dB(W/Hz))	-203	-203	-202,6	-202,6
$E_b/N_0$ (dB)	25,0	32,6	13,9	23,6
BER del enlace	$10^{-6}$		$10^{-6}$	
Umbral $E_b/N_0$ (dB)	5,0		6,93	
Margen de potencia (dB)	20,0	27,6	6,9	16,7
Factor $q$ (lp: largo plazo, cp: corto plazo)	0,1 (lp)	1 (cp)	0,1 (lp)	1
$M_{mín}$ (dB)	4,5		4,5	
Porcentaje de tiempo para los criterios de interferencia	20	0,0125	20	0,0125
Criterio de interferencia dBW en la anchura de banda de referencia	-135	-105	-140	-116

## 2 Servicio de meteorología por satélite en la banda 137-138 MHz

Los análisis de calidad de funcionamiento para un sistema de transmisión automática de imágenes (APT, *automatic picture transmission*) en la banda 137-138 MHz suponen una altitud del satélite de 844 km. El sistema APT utiliza modulación analógica con una anchura de banda de 50 kHz. Los análisis de calidad de funcionamiento para el sistema de transmisión de imágenes de baja resolución (LRPT, *low resolution picture transmission*) en la banda 137-138 MHz suponen la misma altitud.

Las transmisiones LRPT son digitales (modulación MDP-4 con filtrado Nyquist) y funcionan con una velocidad nominal de transmisión de datos de 72 kbit/s, incluyendo la codificación Reed-Solomon/convolucional concatenada con entrelazado. Se prevé que haya dos tipos de estación terrena funcionando en el sistema LRPT:

- una estación terrena con antena no orientable y una ganancia reducida de 2 dBic para datos locales (es decir, datos meteorológicos para zonas del orden de 1 000 km desde la estación terrena), y
- una estación terrena con antena orientable y ganancia de 10 dBic para datos regionales (es decir datos meteorológicos para zonas que se extienden más allá de 2 000 km desde la estación terrena). Las estaciones terrenas pueden ser móviles o transportables.

En los sistemas APT funcionan generalmente sólo antenas de tipo omnidireccional con baja ganancia (por ejemplo, 2 dBic).

Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

*Receptor analógico*

$q$  (largo plazo) = 0,5

$q$  (corto plazo) = 1

*Receptor digital*

$q$  (largo plazo) = 0,6

$q$  (corto plazo) = 1

$M_{\min}$  (largo plazo) =  $M_{\min}$  (corto plazo) = 0,8 dB     $M_{\min}$  (largo plazo) =  $M_{\min}$  (corto plazo) = 1,2 dB

Habida cuenta de lo anterior, podría considerarse que el sistema más representativo de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior es el Sistema C, por lo que se deben tener en cuenta los criterios en la banda 137-138 MHz:

- criterios a largo plazo =  $-142$  dBW/150 kHz
- criterios a corto plazo (0,0125%) =  $-136$  dBW/150 kHz.

## 3 Servicio de meteorología por satélite en la banda 400,15-401 MHz

Los análisis de calidad de funcionamiento para un sistema en esta banda suponen una altitud del satélite de 833 km. Los datos procedentes de sensores de vehículo espacial se multiplexan en un tren de datos con una velocidad de 88,75 kbit/s que se codifica de forma convolucional a velocidad mitad para la corrección de errores. Las estaciones terrenas asociadas suelen ser móviles lo que permite diseñar antenas con sólo 0 dBic de ganancia.

Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

$q$  (largo plazo) = 0,33

$q$  (corto plazo) = 1

$M_{\min}$  (largo plazo) =  $M_{\min}$  (corto plazo) = 1,2 dB.

Habida cuenta de lo anterior y de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior, se deben tener en cuenta los criterios en la banda 400,15-401 MHz:

- criterios a largo plazo =  $-157$  dBW/177,5 kHz
- criterios a corto plazo (0,0125%) =  $-147$  dBW/177,5 kHz.

#### 4 Servicio de meteorología por satélite en la banda 1 698-1 710 MHz

En la atribución de 1 690 a 1 710 MHz, la subbanda 1 698 a 1 710 MHz es utilizada por los sistemas de meteorología por satélite en órbita terrestre baja, de conformidad con la Recomendación UIT-R SA.1745.

Los análisis de calidad de funcionamiento de los sistemas de transmisión de imagen de alta resolución (HRPT, *high resolution picture transmission*) y de telemando y adquisición de datos (TAD) utilizan estaciones terrenas grandes y pequeñas, respectivamente, y suponen una altitud del satélite de 844 km. Estos sistemas reciben transmisiones procedentes del mismo satélite, que utiliza una antena de haz conformado que compensa parcialmente los aumentos de pérdida de propagación hacia el limbo de la Tierra comparados con el nadir. La desviación del modulador de desplazamiento de fase del satélite es de unos  $67^\circ$ , lo que origina una portadora residual que facilita la adquisición de la señal y la demodulación coherente. Esto reduce ligeramente la potencia de la señal de datos. Para la estación grande, se utiliza una velocidad de transmisión de datos de 2,667 Mbit/s y una codificación NRZ-L, con una anchura de banda de referencia de 5,334 MHz. En las estaciones pequeñas, se emplea una velocidad de transmisión de datos en banda base de 0,667 Mbit/s con codificación por desdoblamiento de fase y una anchura de banda de referencia de 2,668 MHz.

Un futuro sistema transmitirá datos a baja velocidad en un enlace descendente a 3,393 Mbit/s desde un vehículo espacial situado a 828 km de altitud. Tres tipos de estaciones terrenas tendrán tamaños de antenas de 1 m, 3 m y 13 m. La antena de 1 m es la única en la que es necesario realizar un análisis de interferencia.

Las antenas de mayor tamaño tienen una anchura de haz menor y, por ello, son menos susceptibles a la interferencia.

Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

$$\begin{aligned} q \text{ (largo plazo)} &= 0,33 \\ q \text{ (corto plazo)} &= 1 \\ M_{\min} \text{ (largo plazo)} &= M_{\min} \text{ (corto plazo)} = 1,2 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Habida cuenta de lo anterior, podría considerarse que el sistema más representativo de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior es el Sistema B, por lo que se deben tener en cuenta los criterios en la banda 1 698-1 710MHz:

- criterios a largo plazo =  $-146$  dBW/2 668 kHz
- criterios a corto plazo (0,0125%) =  $-138$  dBW/2 668 kHz.

#### 5 Servicio de meteorología por satélite en la banda 7 750-7 900 MHz

Varios sistemas nuevos de meteorología por satélite en órbita terrestre baja ya están funcionando o está previsto su funcionamiento en la banda 7 750-7 900 MHz.

Algunos de ellos transmitirán datos de misión almacenados (reproducción de datos registrados) a la estación terrena de telemando y adquisición de datos (TAD) situada generalmente en latitudes

septentrionales. Los diámetros de antena receptora de la estación terrena son normalmente de unos 10 m, lo que supone una ganancia de antena de 55 dBi. La temperatura de ruido del sistema de la estación terrena es de 180° K aproximadamente. Se ha supuesto un mínimo ángulo de elevación de 5°. El valor teórico requerido de  $E_b/(N_0 + I_0)$  es 7,2 dB para obtener una BER de  $10^{-7}$ . Se ha seleccionado una anchura de banda de referencia de 10 MHz. La altura de la órbita del satélite es de unos 832 km.

Otros satélites que utilizan esta banda de frecuencias transmiten datos a alta velocidad (hasta unos 80 Mbit/s) desde el satélite hacia tres tipos de estaciones terrenas con antenas de 2 m, 3 m y 10 m. Las antenas de 2 m y 3 m son las más susceptibles a la interferencia.

Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

$$\begin{aligned} q \text{ (largo plazo)} &= 0,33 \\ q \text{ (corto plazo)} &= 1 \\ M_{\min} \text{ (largo plazo)} &= M_{\min} \text{ (corto plazo)} = 1,2 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Habida cuenta de lo anterior, podría considerarse que el sistema más representativo de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior es el Sistema D, por lo que se deben tener en cuenta los criterios en la banda 7 750-7 900 MHz:

- criterios a largo plazo = -144 dBW/10 MHz
- criterios a corto plazo (0,0125%) = -127 dBW/10 MHz.

## 6 Servicio de exploración de la Tierra por satélite en la banda 8 025-8 400 MHz

Se consideran cinco sistemas de referencia para los sistemas del SETS que funcionan en la banda 8 025-8 400 MHz. El Sistema A utiliza un satélite situado en una órbita a 750 km de altura que transmite datos registrados a muy alta velocidad (325 Mbit/s) hacia una instalación principal de adquisición de datos. El satélite emplea una altura isoflujo. El Sistema B hace uso de un satélite situado en órbita a 850 km de altura que también transmite datos registrados a alta velocidad (200 Mbit/s), pero mediante una antena directiva. El Sistema C utiliza un satélite situado en una órbita a 750 km de altura y transmite una señal de lectura directa de datos de un instrumento en tiempo real hacia múltiples estaciones terrenas de bajo coste distribuidas a una velocidad de 20 Mbit/s. El Sistema D es similar al Sistema A, salvo por la modulación MDP-8. El Sistema E también es similar al Sistema A, pero con una órbita de 820 km.

Excepto el Sistema D, todos los sistemas emplean MDP-4. Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

$$\begin{aligned} q \text{ (largo plazo)} &= 0,1 \\ q \text{ (corto plazo)} &= 1 \\ M_{\min} \text{ (largo plazo)} &= M_{\min} \text{ (corto plazo)} = 4,5 \text{ dB.} \end{aligned}$$

Habida cuenta de lo anterior, podría considerarse que el sistema más representativo de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior es el Sistema E, por lo que se deben tener en cuenta los criterios en la banda 8 025-8 400 MHz:

- criterios a largo plazo = -147 dBW/10 MHz
- criterios a corto plazo (0,0125%) = -133 dBW/10 MHz.

## 7 SETS en la banda 25,5-27,0 GHz

También se consideran varios sistemas de referencia para los sistemas del SETS que funcionan en la banda 25,5-27,0 GHz.

El sistema de referencia A utiliza un satélite situado en una órbita a 822 km de altura que transmite en uno de los dos modos. El primer modo consiste en una transmisión de la lectura de datos registrados a muy alta velocidad (1 Gbit/s) hacia una instalación principal de adquisición de datos. El modo 2 efectúa una transmisión de la lectura directa de datos a una velocidad menor (40 Mbit/s) dirigida a estaciones terrenas de bajo coste distribuidas.

El sistema de referencia 2 hace uso de un satélite situado en una órbita a 698 km de altura que establece un enlace de lectura directa de datos a muy alta velocidad (1 Gbit/s) de los datos de instrumentos en tiempo real con estaciones terrenas de bajo coste distribuidas.

Los sistemas de referencia C y D transmiten una señal de datos de misión almacenados a unos 131,2 Mbit/s desde un satélite situado aproximadamente a 828 km de altitud. El sistema de referencia E también trasmite datos de la misión almacenados a unos 390 Mbit/s desde un satélite situado aproximadamente a 832 km de altitud.

Al aplicar la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022, se puede utilizar la siguiente gama de parámetros de interferencia para calcular los criterios de interferencia:

$$\begin{aligned}q \text{ (largo plazo)} &= 0,1 \\q \text{ (corto plazo)} &= 1 \\M_{\text{mín}} \text{ (largo plazo)} &= M_{\text{mín}} \text{ (corto plazo)} = 4,5 \text{ dB.}\end{aligned}$$

Habida cuenta de lo anterior, podría considerarse que el sistema más representativo de los sistemas descritos en el Cuadro 2 anterior es el Sistema E, por lo que se deben tener en cuenta los criterios en la banda 25,5-27 GHz:

- criterios a largo plazo =  $-140 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}$
  - criterios a corto plazo (0,0125%) =  $-116 \text{ dBW}/10 \text{ MHz}$ .
-