

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1277-0*, **

COMPARTICIÓN DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 8 025-8 400 MHz ENTRE EL SERVICIO DE EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE Y LOS SERVICIOS FIJO, FIJO POR SATÉLITE, DE METEOROLOGÍA POR SATÉLITE Y MÓVIL EN LAS REGIONES 1, 2 Y 3

(Cuestión UIT-R 214/7)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los servicios fijo, fijo por satélite (SFS) y móvil tienen atribución de frecuencias a título primario en la banda de 8 025-8 400 MHz en las tres Regiones;
- b) que el servicio de meteorología por satélite (servicio METSAT) tiene atribución de frecuencias a título primario en la banda de 8 175-8 215 MHz en las tres Regiones;
- c) que el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) tiene atribución de frecuencias, a título primario en la Región 2 y a título secundario en las Regiones 1 y 3, en la banda 8 025-8 400 MHz;
- d) que el SETS no puede provocar interferencias en los servicios fijo y móvil cuando se respetan los límites de la densidad de flujo de potencia (dfp) impuestos por el número S21.16 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) (véase el § 1 del Anexo 1);
- e) que el SETS no puede provocar interferencias en el SFS y el servicio METSAT cuando se respetan los límites de dfp en la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG), impuestos por el número S22.5 del RR (véase el § 2 del Anexo 1);
- f) que el estudio del § 2 del Anexo 2 muestra que hay muchas posibilidades para ubicar las estaciones terrenas del SETS entre una red de estaciones fijas;
- g) que el *considerando* f) se puede ampliar también para la ubicación de estaciones terrenas con respecto a las estaciones terrenas del SFS y del servicio METSAT (véase el § 3 del Anexo 2);
- h) que el estudio del § 4 del Anexo 2 muestra que, al igual que el *considerando* f), hay muchas posibilidades de ubicar estaciones terrenas del SETS entre estaciones móviles;
- j) que la experiencia adquirida durante los últimos 20 años demuestra que no se producen problemas de compartición de frecuencias entre el SETS y los servicios fijo, SFS, METSAT y móvil en las tres Regiones;
- k) que la planificación efectiva y el desarrollo de futuras redes del SETS con cobertura mundial requiere una categoría de atribución a título primario en las tres Regiones,

recomienda

1 que la compartición entre el SETS y los servicios fijo, SFS, METSAT y móvil en la banda 8 025-8 400 MHz se considere viable con las siguientes condiciones:

- la aplicación de las disposiciones de los números S22.5 y S21.16 del RR;
- la utilización del método descrito en el Anexo 2 para calcular las distancias de separación entre estaciones terrenas del SETS y las estaciones terrenas o las estaciones terrenas de los demás servicios. (Por distancia de separación se entiende aquella distancia que podría alcanzarse en coordinación.)

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 4, 8 y 9 de Radiocomunicaciones.

** La Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones introdujo modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2017, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

ANEXO 1

Análisis de la interferencia causada por el SETS a otros servicios en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz

1 Posibilidad de interferencia provocada por las estaciones espaciales del SETS a las estaciones terrenales de los servicios fijo y móvil

El número S21.16 del RR impone los límites de la dfp producida en la superficie de la Tierra por las emisiones de estaciones espaciales. En el Cuadro 1 se indican dichos límites para la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz en la anchura de banda de 4 kHz.

CUADRO 1

Límites de la dfp en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz

Ángulo de llegada, θ	Límite de la dfp (dB(W/(m ² · 4 kHz))
$0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$	-150
$5^\circ < \theta \leq 25^\circ$	$-150 + (\theta - 5) / 2$
$25^\circ < \theta \leq 90^\circ$	-140

Siempre que los transmisores de las estaciones del SETS respeten esas limitaciones, los receptores de los servicios fijo y móvil están protegidos ya que los límites se han fijado para evitar las interferencias provocadas por los transmisores de las estaciones espaciales en los servicios terrenales.

2 Interferencia provocada por las estaciones espaciales del SETS a las estaciones espaciales del SFS y del servicio METSAT

En la Fig. 1 se muestra la posición relativa de la órbita circular casi polar de un satélite del SETS y la OSG.

El satélite del SETS dirige su potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) máxima al horizonte de su cobertura. El caso más desfavorable se produce cuando se alinean este satélite, el horizonte de su cobertura y un satélite OSG (servicio fijo o de meteorología), como se muestra en la Fig. 2.

De acuerdo con el número S22.5 del RR la dfp producida en la OSG no deberá rebasar el valor de -174 dB(W/m²) en cualquier banda de 4 kHz de anchura. Con las características típicas de los satélites del SETS, indicadas en el Cuadro 2, la dfp real producida en la OSG en caso más desfavorable es de -183 dB(W/m² · 4 kHz).

A continuación se indican los efectos de este valor de dfp sobre el SFS y el servicio METSAT.

Para estimar la interferencia del caso más desfavorable provocada por el satélite del SETS en un receptor de satélite OSG, se puede calcular la relación entre las potencias recibidas a la entrada de dicho receptor, provenientes de las estaciones terrenales que transmiten al satélite OSG y al satélite del SETS respectivamente:

$$C/I = (P_{tw} + G_{tw}) - (P_{tu} + G_{tu}) + \Delta L_p + 10 \log (B_u/B_w)$$

siendo:

P_{tw} : potencia del transmisor de la estación terrena (dBW)

G_{tw} : ganancia de antena de la estación terrena (dBi)

P_{tu} : potencia del transmisor del satélite del SETS (dBW)

G_{tu} : ganancia de antena del satélite del SETS al horizonte de su cobertura (dBi)

ΔL_p : pérdida de trayecto diferencial entre la señal deseada y la señal no deseada (dB)

B_u : anchura de banda de emisión de la señal no deseada (Hz)

B_w : anchura de banda de emisión de la señal deseada (Hz).

FIGURA 1
Posiciones relativas de la OSG y la órbita casi polar de un satélite del SETS (retrógrada de 100°)

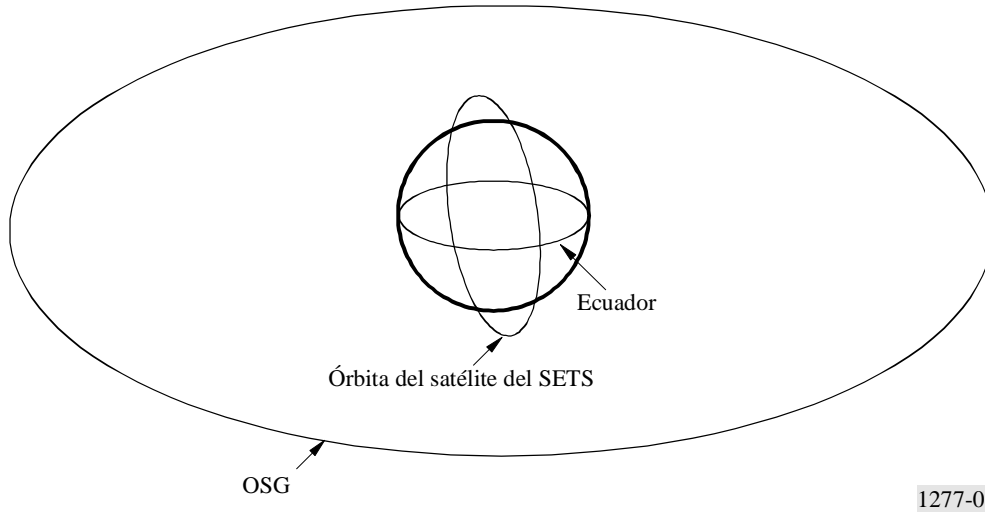
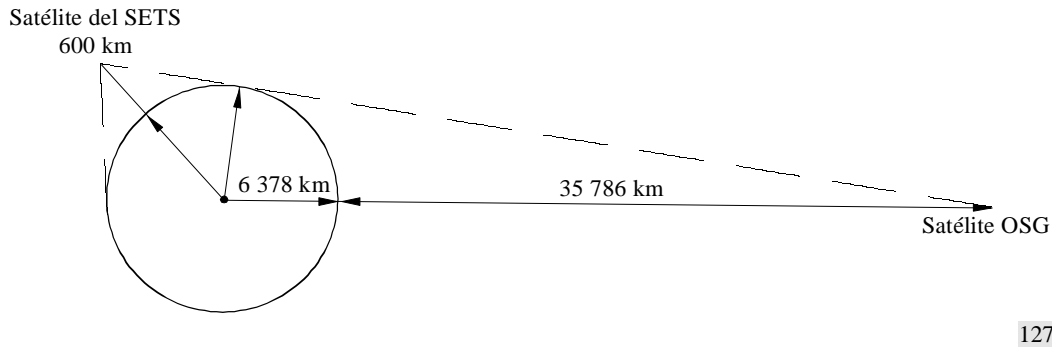


FIGURA 2
Representación del caso más desfavorable de interferencia provocada por un satélite del SETS a un satélite del servicio fijo o del servicio METSAT



En esta fórmula se supone que la anchura de banda de emisión de la señal no deseada es superior o igual a la anchura de banda de emisión de la señal deseada y que el espectro de la señal no deseada recubre por completo el de la señal deseada. En consecuencia, se puede sustituir la fórmula anterior por la siguiente:

$$C/I = p_{tw} + G_{tw} - (p_{tu} + G_{tu}) + \Delta L_p$$

donde:

p_{tw} : densidad de potencia media del transmisor de la señal deseada (dB/Hz)

p_{tu} : densidad de potencia media del transmisor de la señal no deseada en la banda de la señal deseada (dB/Hz).

Se puede evaluar el término ΔL_p para el caso más desfavorable con una altitud de órbita de satélite del SETS de 600 km y una estación terrena situada en el nadir del satélite OSG:

$$\Delta L_p = 20 \log \left[\frac{\sqrt{(35\,786 + 6\,378)^2 - 6\,378^2} + \sqrt{(6\,378 + 600)^2 - 6\,378^2}}{35\,786} \right]$$

a saber:

$$\Delta L_p = 1,9 \text{ dB.}$$

El Cuadro 2 da las características técnicas de los satélites SPOT 1/2/3/4 del SETS. La densidad de potencia espectral es la densidad máxima (es decir, en el centro de la señal con modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (MDP-4) que representa el caso de interferencia más desfavorable.

CUADRO 2

Principales características de los satélites SPOT 1/2/3/4 del SETS

Modulación	Velocidad binaria (Mbit/s)	Potencia (dBW)	Densidad espectral de potencia máxima (dB(W/Hz))	Ganancia máxima (dB)
MDP-4	50	12,5	-61,5	6,2

El Cuadro 3 da las características técnicas de las estaciones terrenas que transmiten a un satélite de telecomunicaciones de Estado en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz, así como las relaciones *C/I* obtenidas para el satélite de telecomunicaciones con las características de los satélites del SETS indicadas en el Cuadro 2.

CUADRO 3

Principales características técnicas de las estaciones terrenas que transmiten a un satélite de telecomunicaciones de Estado en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz y relaciones *C/I* obtenidas para el satélite de telecomunicaciones con las características de los satélites del SETS indicadas en el Cuadro 2

Categoría de la estación terrena	Diámetro de la antena (m)	Ganancia de antena máxima (dBi)	Densidad de potencia máxima (dB(W/Hz)) ⁽¹⁾	Anchura de banda (MHz)	<i>C/I</i> (dB)
G	18	61	-43,5	60	74,7
H	8	54	-34	60	77,2
I	3	44,5	-44	40	57,7
J	1,5	39,5	-44	40	52,7
K	1,3	38,5	-38	40	57,7
L	0,9	35	-38,8	80	53,2
L'	0,9	34,5	-38,8	80	52,9

⁽¹⁾ En el caso más desfavorable de banda de 4 kHz.

El Cuadro 4 da las principales características técnicas de las estaciones terrenas del servicio METSAT y las relaciones *C/I* obtenidas para el satélite de meteorología con las características de los satélites del SETS indicadas en el Cuadro 2.

CUADRO 4

Características de una estación terrena del METSAT y relaciones *C/I* obtenidas para el satélite de meteorología con las características de los satélites del SETS indicadas en el Cuadro 2

Ganancia de antena (dBi)	Potencia de transmisor máxima (dB)	p.i.r.e. (dBW)	Anchura de banda (MHz)	Densidad de potencia (dB(W/Hz))	<i>C/I</i> (dB)
44	30	74	0,960	-29,6	71,6
44	20	64	0,018	-22,6	78,6
44	13	57	0,0024	-20,8	80,4
44	17	61	0,0004	-9,0	92,2

Cabe concluir que no habrá interferencia en los receptores del SFS o del servicio METSAT provocada por las estaciones espaciales del SETS con características similares a las indicadas en el Cuadro 2.

ANEXO 2

Análisis de la interferencia causada al SETS por otros servicios en la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz

Método de cálculo de las distancias de separación entre estaciones terrenas del SETS y estaciones terrenales o estaciones terrenas de otros servicios

1 Introducción

Este Anexo trata de la evaluación a priori del orden de magnitud de las distancias de separación aceptables entre una estación terrena del SETS, por un lado, y una estación de los servicios fijo, SFS, METSAT o móvil, por otro lado, como una función de determinados parámetros. Hay que precisar que el cálculo que sigue no sustituye al método que figura en el Apéndice S7 al RR y no está previsto que se utilice para evaluar distancias de coordinación. El cálculo de la atenuación a lo largo del trayecto de interferencias no se basa en el caso más desfavorable sino en un caso medio, que sólo se refiere a la difracción provocada por un obstáculo situado entre las dos estaciones. Las distancias de separación aquí calculadas dan una idea realista de las posibilidades de compartición práctica entre el SETS y los servicios fijo, SFS, METSAT o móvil.

2 Interferencia provocada por los transmisores del servicio fijo terrenal a los receptores de las estaciones terrenas del SETS

El criterio de compartición para este trayecto de interferencia es la distancia de coordinación requerida para garantizar una separación adecuada entre los transmisores del servicio terrenal y los receptores de las estaciones terrenas del SETS.

La pérdida de transmisión básica mínima admisible para proteger la estación terrena se puede expresar de la siguiente manera:

$$L_b(p\%) = P_t + G_t(\theta_t) - (P_i - G_r(\theta_r))$$

donde:

P_t : potencia de transmisor de servicio terrenal (dBW)

$G_t(\theta_t)$: ganancia de antena de servicio terrenal en la dirección de la estación terrena (dBi)

$G_r(\theta_r)$: ganancia de la antena de la estación terrena en la dirección de la estación terrenal (dBi)

P_i : interferencia máxima admisible a la entrada del receptor de la estación terrena (dBW)

θ_t : ángulo entre el eje de la antena del servicio terrenal y el trayecto de interferencia (grados)

θ_r : ángulo entre el eje de la antena del SETS y el trayecto de interferencia (grados)

$L_b(p\%)$: valor de la pérdida de transmisión básica mínima aceptable que se ha de rebasar todo el tiempo excepto el $p\%$ del mismo a lo largo del trayecto de interferencia entre el transmisor terrenal y el receptor de la estación terrena (dB).

Los valores de P_i y p se definen en la Recomendación UIT-R SA.1027 y se indican en el Cuadro 5 para la banda de frecuencias 8 025-8 400 MHz.

CUADRO 5

Criterios de compartición para los sistemas de transmisión de datos espacio-Tierra que funcionan en los SETS y utilizan satélites en órbita baja, de acuerdo con la Recomendación UIT-R SA.1027

Categoría de estación terrena del SETS	Anchura de banda de referencia (MHz)	Potencia de la señal interferente que no debe rebasarse más del 20% del tiempo con ángulos de elevación $\geq 5^\circ$ (dBW)	Potencia de la señal interferente que no debe rebasarse más del $p\%$ del tiempo con ángulos de elevación $\geq 5^\circ$ (dBW)
Antena de 55,2 dBic, para adquisición de datos registrados	100	-130	-117 $p = 0,010$
Antena de 36,4 dBic, para indicación de datos directa	40	-134	-126 $p = 0,011$

Se pueden obtener los valores de la ganancia $G_r(\theta_r)$ para el caso más desfavorable (es decir, cuando se representa el diagrama de antena de la estación terrena en acimut con respecto a la señal no deseada y a 5° de elevación) a partir de las fórmulas que siguen y que figuran en el Apéndice S7 al RR:

– para $D/\lambda \geq 100$:

$$G_r(\theta_r) = 32 - 25 \log \theta_r \quad \text{para } \theta_n < \theta_r < 48^\circ$$

$$G_r(\theta_r) = -10 \text{ dBi} \quad \text{para } 48^\circ \leq \theta_r \leq 180^\circ$$

– para $D/\lambda < 100$:

$$G_r(\theta_r) = G_{max} - 2,5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \theta_r \right)^2 \quad \text{para } 0 \leq \theta_r < \theta_m$$

$$G_r(\theta_r) = G_1 \quad \text{para } \theta_m < \theta_r < 100 \lambda/D$$

$$G_r(\theta_r) = 52 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \theta_r \quad \text{para } 100 \lambda/D \leq \theta_r < 48^\circ$$

$$G_r(\theta_r) = 10 - 10 \log(D/\lambda) \quad \text{para } 48^\circ \leq \theta_r \leq 180^\circ$$

donde:

$$\theta_n = 15,85 (D/\lambda)^{-0,6}$$

$$\theta_m = 20 \lambda/D \sqrt{G_{max} - G_1}$$

$$G_1 = 2 + 15 \log (D/\lambda)$$

El valor de θ_r viene dado por:

$$\theta_r = 5 - \varepsilon_r$$

donde:

ε_r : elevación del horizonte físico de las estaciones terrenas en la dirección de la estación terrenal.

Los valores de $G_r(\theta_r)$ para una antena de 55,2 dBic (para adquisición de datos registrados) y para una antena de 36,4 dBic (para indicación de datos directa) figuran en los Cuadros 6 y 7.

CUADRO 6

Ganancias de antena receptora de estación terrena (55,2 dBic*, para adquisición de datos registrados) orientada en acimut a la señal no deseada y con 5° de elevación hacia la señal no deseada

Ángulo de elevación, ε_r (grados)	Ángulo de separación mínima entre el eje de la antena y la dirección de llegada, $\theta_r = 5^\circ - \varepsilon_r$ (grados)	Ganancia máxima para una representación de diagrama de antena con ángulo de elevación de 5° (dBi)
0,5	4,5	15,7
1	4	16,9
2	3	20,1
3	2	24,5
4	1	32,0

* dBic se refiere a la ganancia de una antena isotrópica con polarización circular.

CUADRO 7

Ganancias de antena receptora de estación terrena (36,4 dBic, para indicación de datos directa) orientada en acimut a la señal no deseada y con 5° de elevación hacia la señal no deseada

Ángulo de elevación, ε_r (grados)	Ángulo de separación mínima entre el eje de la antena y la dirección de llegada, $\theta_r = 5^\circ - \varepsilon_r$ (grados)	Ganancia máxima para una representación de diagrama de antena con ángulo de elevación de 5° (dBi)
0,5	4,5	21,3
1	4	22,6
2	3	23,6
3	2	28,6
4	1	34,2

El Cuadro 9 da las pérdidas de transmisión básicas mínimas admisibles a lo largo del trayecto de interferencia, evaluadas a partir de los datos que figuran en el Cuadro 5 correspondientes a $p = 0,025\%$ del tiempo y las características del transmisor de un sistema de radioenlaces que se dan en el Cuadro 8, para diversos ángulos de desplazamiento entre el eje de la antena del radioenlace y la dirección de la antena de la estación terrena del SETS y para los ángulos de elevación del horizonte de 0,5° y 3° (véase la Fig. 3).

CUADRO 8

Características del transmisor de un sistema de radioenlaces

Potencia transmitida por canal (dBW)	0 a 2
Anchura de banda del canal (MHz)	25
Número de canales en 100 MHz	3
P_{11} : potencia transmitida en 100 MHz (dBW)	5 a 7
Número de canales en 40 MHz	2
P_{12} : potencia transmitida en 40 MHz (dBW)	3 a 5
$G_t(0^\circ)$: ganancia de antena en el eje (dBi)	43
$G_t(10^\circ)$: ganancia de antena a 10° del eje (dBi)	11
$G_t(45^\circ)$: ganancia de antena a 45° del eje (dBi)	2
$G_t(90^\circ)$: ganancia de antena a 90° del eje (dBi)	-2

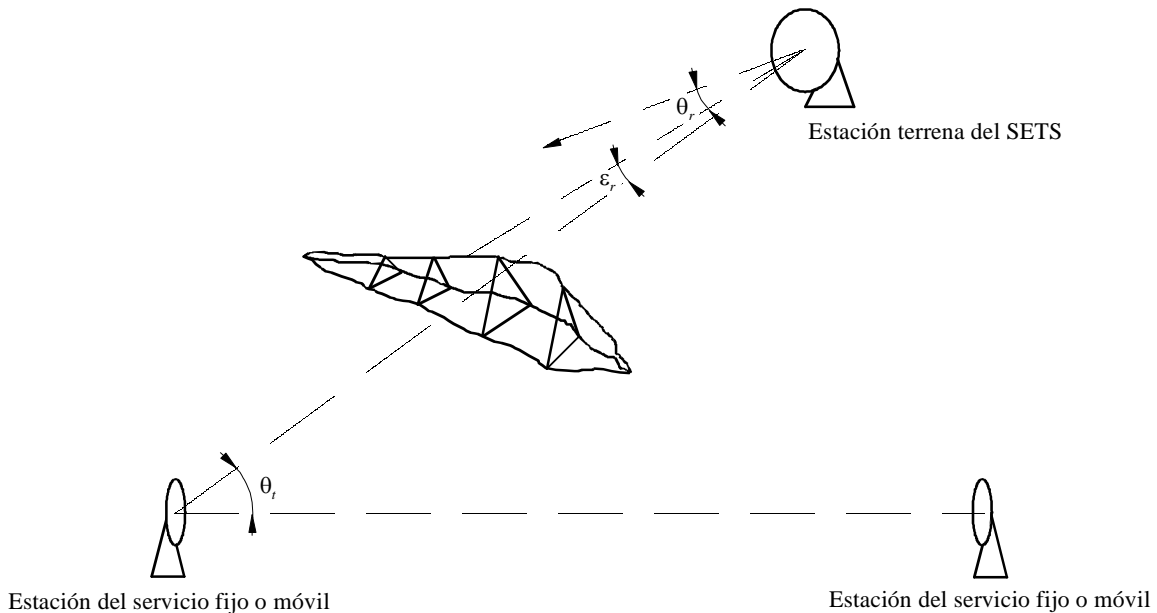
CUADRO 9

Pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles (dB) a lo largo del trayecto interferencia para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones del transmisor del sistema de radioenlaces descrito en el Cuadro 8

Ángulo de desplazamiento, θ_r (grados)	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 3^\circ$
10	150,7	159,5	163,3	170,6
45	141,7	150,5	154,3	161,6
90	137,7	146,5	150,3	157,6

FIGURA 3

Representación de la interferencia provocada por una estación del servicio fijo o del servicio móvil a una estación terrena del SETS



1277-03

El Cuadro 10 da las distancias de separación correspondientes a esas pérdidas de transmisión, evaluadas con el método descrito en el § 5.

Los valores numéricos de los Cuadros 9 y 10 dan una idea de las condiciones prácticas para la ubicación de una estación terrena del SETS en una red ya existente de estaciones fijas.

La experiencia de los últimos 20 años en materia de coordinación del SETS indica que no se han encontrado problemas importantes entre el SETS y el servicio fijo en las tres Regiones.

CUADRO 10

Distancias mínimas de separación (km) para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones del transmisor de un sistema de relevadores radioeléctricos descrito en el Cuadro 8

	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
Ángulo de desplazamiento, θ_r (grados)	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_r = 3^\circ$
10	11,9	3,4	50,9	12,4
45	4,2	1,2	18,1	4,4
90	2,7	0,8	11,4	2,8

3 Interferencia provocada por los transmisores de estaciones terrenas del SFS o del servicio METSAT a los receptores de las estaciones terrenas del SETS

Para asegurar la protección del receptor de una estación terrena del SETS frente a una estación del SFS se puede aplicar el mismo procedimiento que se aplica frente a un transmisor del servicio fijo terrenal, es decir, establecer una distancia de coordinación de acuerdo con la fórmula utilizada en el caso anterior:

$$L_b(p\%) = P_t + G_t(\theta_t) - (P_i - G_r(\theta_r))$$

Como en ese caso, los valores de P_i y p se dan en el Cuadro 5.

En los Cuadros 6 y 7 se dan los valores de la ganancia de antena de estación terrena $G_r(\theta_r)$ del SETS para diversos valores de la elevación del horizonte físico de la estación terrena del SETS en la dirección de la estación terrena del SFS.

Se pueden aplicar las mismas fórmulas para calcular la ganancia del caso más desfavorable G_t de la estación terrena del servicio METSAT orientada en acimut a la estación terrena del SETS. La separación angular mínima entre el eje de la antena y el trayecto de interferencia viene dada por:

$$\theta_t = \alpha - \varepsilon_t$$

donde:

α : ángulo de elevación del satélite OSG con respecto a la estación terrena del SFS o del servicio METSAT,

ε_t : elevación de la estación terrena del SFS o del servicio METSAT (véase la Fig. 4).

En el Cuadro 11 se dan las ganancias obtenidas para las diversas categorías de estaciones terrenas de SFS que se indican en el Cuadro 3 y los diversos ángulos de elevación del horizonte ε_r , en la hipótesis de que el ángulo de elevación del satélite OSG, α , es de 40° .

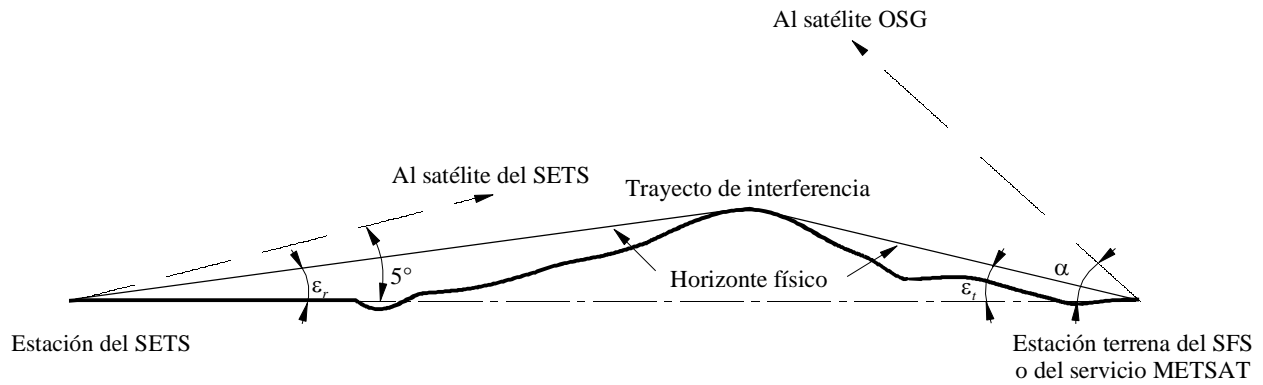
El Cuadro 12 da las pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles a lo largo del trayecto de interferencia, evaluadas a partir de los datos que figuran en el Cuadro 5 y en el Cuadro 20 correspondientes a $p = 0,025\%$ del tiempo para las diferentes estaciones indicadas en el Cuadro 3 y un ángulo de elevación del satélite OSG de 40° .

En este cálculo se ha supuesto que las elevaciones de los ángulos del horizonte ε_r y ε_t son las mismas para ambas estaciones terrenas.

El Cuadro 13 da las distancias de separación correspondientes a esas pérdidas de transmisión, evaluadas con el método descrito en el § 5.

FIGURA 4

Representación del caso más desfavorable de interferencia provocada por una estación terrena del SFS o del servicio METSAT a una estación terrena del SETS



CUADRO 11

Ganancias obtenidas en la dirección del trayecto de interferencia para las estaciones terrenas del SFS indicadas en el Cuadro 3, con un ángulo de elevación del satélite OSG de 40° y ángulos de elevación del horizonte físico de $0,5^\circ$ y 3°

Categoría de la estación terrena (véase el Cuadro 3)	Diámetro de la antena (m)	Elevación del horizonte, ϵ_t (grados)	Ganancia $G(40^\circ - \epsilon_t)$ (dBi)
G/H	18/8	0,5	-7,9
G/H	18/8	3	-7,2
I	3	0,5	-7,1
I	3	3	-6,3
J	1,5	0,5	-4,0
J	1,5	3	-3,3
K	1,3	0,5	-3,4
K	1,3	3	-2,7
L/L'	0,9	0,5	-1,8
L/L'	0,9	3	-1,1

CUADRO 12

Pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles (dB) a lo largo del trayecto interferencia para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones de las estaciones del SFS descritas en el Cuadro 3 y un ángulo de elevación del satélite OSG de 40°

Categoría de la estación terrena del SFS	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 3^\circ$
G	159,0	168,6	171,9	179,9
H	168,5	178,1	181,4	189,4
I	157,6	167,2	172,3	180,3
J	160,6	170,2	175,3	183,3
K	167,3	176,8	181,9	189,9
L/L'	171,1	180,6	182,9	190,7

CUADRO 13

Distancias mínimas de separación (km) para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones de las estaciones terrenas del SFS descritas en el Cuadro 3 con un ángulo de elevación de satélite OSG de 40°

Categoría de la estación terrena del SFS	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_t = \epsilon_r = 3^\circ$
G	31	10	137	36
H	93	29	410	108
I	27	8	143	38
J	38	12	202	54
K	80	25	434	115
L/L'	125	39	475	126

Los valores numéricos de los Cuadros 11 a 16 dan una idea de las condiciones prácticas para la ubicación de una estación terrena del SETS con respecto a las estaciones terrenas del SFS y del servicio METSAT.

La experiencia de los últimos 20 años en materia de coordinación del SETS indica que no se han encontrado problemas importantes entre el SETS y el SFS o el servicio METSAT.

CUADRO 14

Ganancias obtenidas en la dirección del trayecto de interferencia para la estación terrena del servicio METSAT indicada en el Cuadro 4, con un ángulo de elevación de satélite OSG de 20° y ángulos de elevación del horizonte físico de 0,5° y 3°

Díámetro de la antena (m)	Elevación del horizonte, ε_t (grados)	Ganancia, $G(20^\circ - \varepsilon_t)$ (dBi)
2,4	0,5	1,6
2,4	3	3,1

CUADRO 15

Pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles (dB) a lo largo del trayecto de interferencia para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones de la estación del servicio METSAT indicada en el Cuadro 4, con un ángulo de elevación de satélite OSG de 20°

Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 3^\circ$
164,2	174,5	178,9	187,7

CUADRO 16

Distancias mínimas de separación (km) para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones de la estación del servicio METSAT descrita en el Cuadro 4, con un ángulo de elevación de satélite OSG de 20°

Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\varepsilon_t = \varepsilon_r = 3^\circ$
57	19	112	-23

4 Interferencia provocada por los transmisores del servicio móvil a los receptores de las estaciones en tierra del SETS

En el Cuadro 17 se dan las características de un transmisor del servicio móvil terrestre.

Este problema es muy similar al de la interferencia provocada por transmisores del servicio fijo que se ha examinado en el § 4 (véase la Fig. 3).

CUADRO 17

Características de un transmisor del servicio móvil

Potencia del transmisor (dBW)	0
Anchura de banda (MHz)	29
$G_t(0^\circ)$: ganancia de antena en el eje (dBi)	43
$G_t(0^\circ)$: ganancia de antena a 10° del eje (dBi)	11
$G_t(45^\circ)$: ganancia de antena a 45° del eje (dBi)	2
$G_t(90^\circ)$: ganancia de antena a 90° del eje (dBi)	-2

El Cuadro 18 da las pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles a lo largo del trayecto de interferencia, evaluadas a partir de los datos que figuran en el Cuadro 5 correspondientes a $p = 0,025\%$ del tiempo y las características de un sistema de relevadores radioeléctricos indicadas en el Cuadro 8, para diversos ángulos de desplazamiento entre el eje de la antena del sistema de relevadores radioeléctricos y la dirección de la antena de la estación terrena del SETS y para ángulos de elevación del horizonte de $0,5^\circ$ y 3° .

CUADRO 18

Pérdidas de transmisión básica mínimas admisibles (dB) a lo largo del trayecto de interferencia para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones del transmisor de sistema móvil descrito en el Cuadro 17

Ángulo de desplazamiento, θ_t (grados)	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 3^\circ$
10	143,7	152,5	158,3	165,6
45	134,7	143,5	149,3	156,6
90	130,7	139,5	145,3	152,3

El Cuadro 19 da las distancias de separación correspondientes a esas pérdidas de transmisión, evaluadas con el método descrito en el § 5.

CUADRO 19

Distancias mínimas de separación (km) para proteger la estación terrena del SETS frente a las emisiones del transmisor de sistema móvil descrito en el Cuadro 17

Ángulo de desplazamiento, θ_t (grados)	Antena de 55 dBic del SETS, para adquisición de datos registrados		Antena de 36,4 dBic del SETS, para indicación de datos directa	
	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 3^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 0,5^\circ$	Ángulo de elevación del horizonte $\epsilon_r = 3^\circ$
10	5,3	1,5	28,6	7,0
45	1,9	0,5	10,2	2,5
90	1,2	0,3	6,4	1,6

Las distancias de separación calculadas en el Cuadro 19 son más reducidas que las calculadas en el Cuadro 10 para el servicio fijo.

5 Método de cálculo de la pérdida debida a la difracción causada por un obstáculo cualquiera

El cálculo de la pérdida en el trayecto de interferencia se basa en lo siguiente:

- pérdida de propagación en el espacio libre: A_d
- pérdida debida a la difracción causada por un obstáculo entre las dos estaciones: A_h .

El valor del primer coeficiente de pérdida, A_d (dB), se obtiene calculando la relación:

$$A_d = 20 \log (4\pi d/\lambda)$$

donde:

- d : distancia entre la estación terrena del SETS y la estación del servicio fijo, SFS, servicios METSAT o móvil (m)
- λ : longitud de onda de la frecuencia de transmisión de la estación del servicio fijo, SFS, servicios METSAT o móvil (m).

El valor del segundo coeficiente, A_h (dB), se obtiene calculando la relación:

$$A_h = 20 \log [1 + (4,5 f^{1/2} \varepsilon)] + f^{1/3} \varepsilon$$

donde:

- f : frecuencia de transmisión de la estación del servicio fijo, SFS, servicios METSAT o móvil (GHz)
- ε : elevación del horizonte físico de la estación terrena del SETS en la dirección de la estación del servicio fijo, SFS, servicios METSAT o móvil.

En el Cuadro 20 se dan los valores de A_h para $f = 8,2$ GHz y diversos valores de ε .

CUADRO 20

Pérdida debida a la difracción causada por un obstáculo entre dos estaciones, para diversos ángulos de elevación del horizonte físico de la estación terrena del SETS, ε

ε (grados)	A_h (dB)
0,5	18,4
1	24,9
2	32,6
3	38,0
4	42,5

El nivel de interferencia de la estación terrena se considera entonces que está por debajo del nivel admisible suponiendo que la pérdida de transmisión mínima admisible $L_b(p\%)$ es inferior a la pérdida en el trayecto de interferencia ($A_d + A_h$). La condición que debe satisfacerse se expresa mediante la siguiente desigualdad:

$$L_b(p\%) \leq A_d + A_h$$

o la siguiente desigualdad:

$$A_d \geq A_{d_{\min}} = L_b(p\%) - A_h$$

Con el valor de $A_{d_{\min}}$ se puede calcular una distancia de separación entre la estación terrena del SETS y la estación del servicio fijo, SFS, servicios METSAT o móvil:

$$d_{\min} = (\lambda/4\pi) \times 10^{(A_{d_{\min}}/20)}$$