

RECOMENDACIÓN UIT-R SF.1650

Distancia mínima desde la línea de base a partir de la cual las estaciones terrenas en movimiento situadas a bordo de barcos no deben causar interferencia al servicio terrenal en las bandas de frecuencias 5925-6425 MHz y 14-14,5 GHz^{*}**

(Cuestiones UIT-R 226/9 y UIT-R 251/4)

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que existen tecnologías que permiten la utilización de redes del SFS por estaciones terrenas a bordo de barcos (ESV) en las bandas 5 925-6425 MHz y 14-14,5 GHz (Tierra-espacio);
- b) que las ESV pueden causar interferencia inaceptable a sistemas del servicio fijo en estas bandas;
- c) que el funcionamiento de las ESV requiere una anchura de banda considerablemente inferior a la anchura de banda total de esta atribución del SFS y sólo una parte del arco OSG visible;
- d) que para asegurar la protección y el futuro crecimiento del servicio fijo, las ESV tienen que funcionar con determinadas limitaciones operacionales;
- e) que se puede determinar una distancia mínima desde la costa a partir de la cual la ESV no causará interferencia perjudicial al servicio fijo en estas bandas;
- f) que la distancia mínima indicada en el *considerando* e) se puede basar en consideraciones de tipo técnico y administrativo,

observando

- a) que algunas administraciones han estado explotando ESV durante varios años con arreglo al número 4.4 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR),

recomienda

1 que, en la banda 5 925-6 425 MHz, la distancia mínima desde la línea de base, como se define en los Reglamentos marítimos nacionales de cada administración concernida y en los reglamentos marítimos reconocidos a nivel internacional, a partir de la cual las ESV en navegación

* La repercusión sobre los demás servicios terrenales distintos del servicio fijo queda en estudio.

** Las Administraciones de Arabia Saudita, Djibouti, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Jordania, Kuwait, Marruecos, Mauritania, República Árabe Siria, Túnez y Yemen se opusieron a la aprobación de la Recomendación por los motivos que figuran en el Informe de la Asamblea de Radiocomunicaciones (Ginebra, 2003) (AR-03) a la CMR-03.

Las Administraciones de Alemania, Australia, Canadá, Estados Unidos e Israel reservan su opinión sobre esta Recomendación por los motivos que figuran en el Informe de la AR-03 a la CMR-03.

Las Administraciones de Gabón y Senegal se reservan su opinión en la presente Recomendación.

no causarán interferencia inaceptable a los servicios terrenales sea 300 km para una antena de 2,4 m de diámetro (basándose en los parámetros del Cuadro 1);

2 que, en la banda 14-14,5 GHz, la mínima distancia desde la línea de base, como se define en los reglamentos marítimos nacionales de cada administración interesada y en los reglamentos marítimos reconocidos a nivel internacional, a partir de la cual las ESV en navegación no causarán interferencia inaceptable a los servicios terrenales, sea 125 km para una antena de 1,2 m de diámetro en bandas compartidas con el servicio fijo (basándose en los parámetros del Cuadro 2).

NOTA 1 – El objetivo de esta Recomendación es proteger a los servicios terrenales a los que están atribuidas las bandas de frecuencias. En cuanto a la protección de los servicios espaciales en las mismas bandas de frecuencia, Recomendación UIT-R S.1587¹.

Anexo 1

Método utilizado para determinar la distancia mínima en las bandas 5 925-6 425 MHz y 14-14,5 GHz

1 Método para determinar la distancia

La potencia máxima de interferencia admisible es:

$$I_{m\acute{a}x} = \left(\frac{I}{N} \right)_{th} + 10 \log_{10}(k T_{RSF} B_{RSF}) \quad \text{dBW} \quad (1)$$

siendo:

$\left(\frac{I}{N} \right)_{th}$: relación entre las potencias de interferencia y de ruido térmico definida en el criterio de interferencia (dB)

k : constante de Boltzmann (W/(K · Hz))

T_{RSF} : temperatura de ruido del sistema en el receptor del servicio fijo (RSF) (K)

B_{RSF} : anchura de banda del RSF (Hz).

Una vez definido el criterio de interferencia de corta duración, la mínima pérdida de transmisión admisible se obtiene restando el nivel de potencia de interferencia admisible del RSF de la suma de la p.i.r.e. en dirección del RSF de la ESV y la ganancia media de la antena en su anchura de haz a -10 dB del RSF. Por consiguiente, las mínimas pérdidas de transmisión admisibles vienen dadas por la expresión:

$$L_{b, min}(P_s) = P_{t, m\acute{a}x} + G_t + G_{r, MED} - I_{m\acute{a}x} - F \quad (2)$$

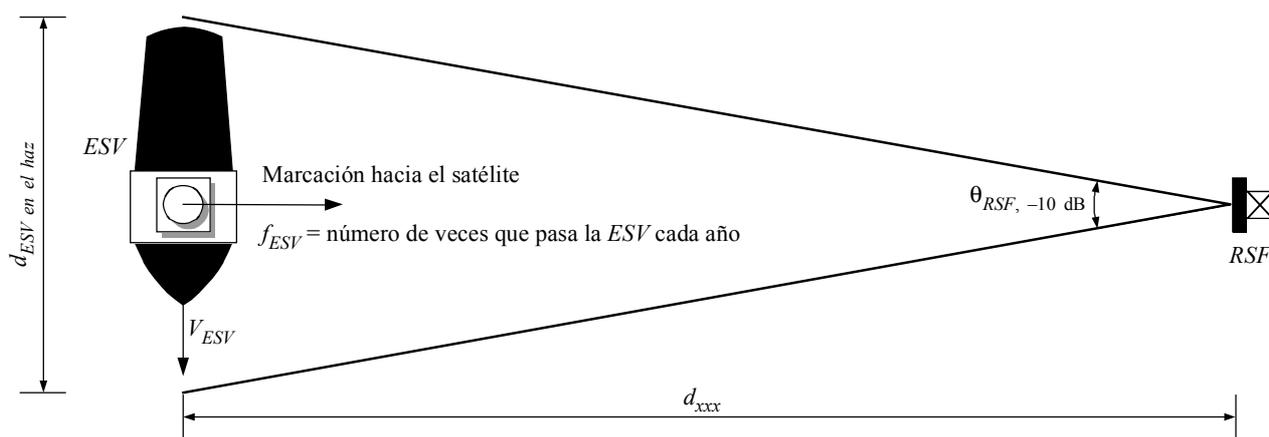
¹ Las características de las ESV se tienen que ajustar a la gama inicialmente publicada en la circular BR IFIC para las redes del SFS correspondientes. De no ser así, las estaciones terrenas tienen que coordinar de conformidad con las disposiciones actuales del RR y las Reglas de Procedimiento pertinentes (es decir, § 2 de las Reglas de Procedimiento relativa al número 11.32 del RR).

siendo:

- $L_{b, \text{mín}}$: mínimas pérdidas de transmisión básicas requeridas (dB)
- $P_{t, \text{mín}}$: mínima potencia de transmisión en el conector de entrada de la antena de la ESV (dBW)
- G_t : ganancia de la antena de la ESV en dirección del RSF (dBi)
- $G_{r, \text{MED}}$: ganancia media de la antena del RSF en su anchura de haz a -10 dB (dBi)
- $I_{\text{máx}}$: máxima potencia de interferencia admisible (dBW)
- F : previas en el alimentador que va desde la antena del RSF hasta el amplificador de bajo nivel de ruido (dB).

Como no siempre está presente la ESV, no conviene utilizar el porcentaje de tiempo objetivo de interferencia de corta duración, p_s , directamente como parámetro de entrada del modelo de propagación, p , que es el porcentaje de tiempo durante el cual no se rebasan las mínimas pérdidas de transmisión requeridas (por ejemplo, en las Recomendaciones UIT-R P.452 o UIT-R P.620). El valor de p adecuado depende del tiempo en que la ESV se encuentra dentro de la anchura de haz a -10 dB del RSF. Pero, como resulta evidente en la Fig. 1, esta cantidad de tiempo depende a su vez de la distancia entre la ESV y el RSF. Como p depende de esta distancia y viceversa, es inevitable la aplicación de un método iterativo para determinar el valor mínimo de la distancia, d_{xxx} , que satisface el criterio de interferencia de corta duración.

FIGURA 1
Geometría de la hipótesis modelizada

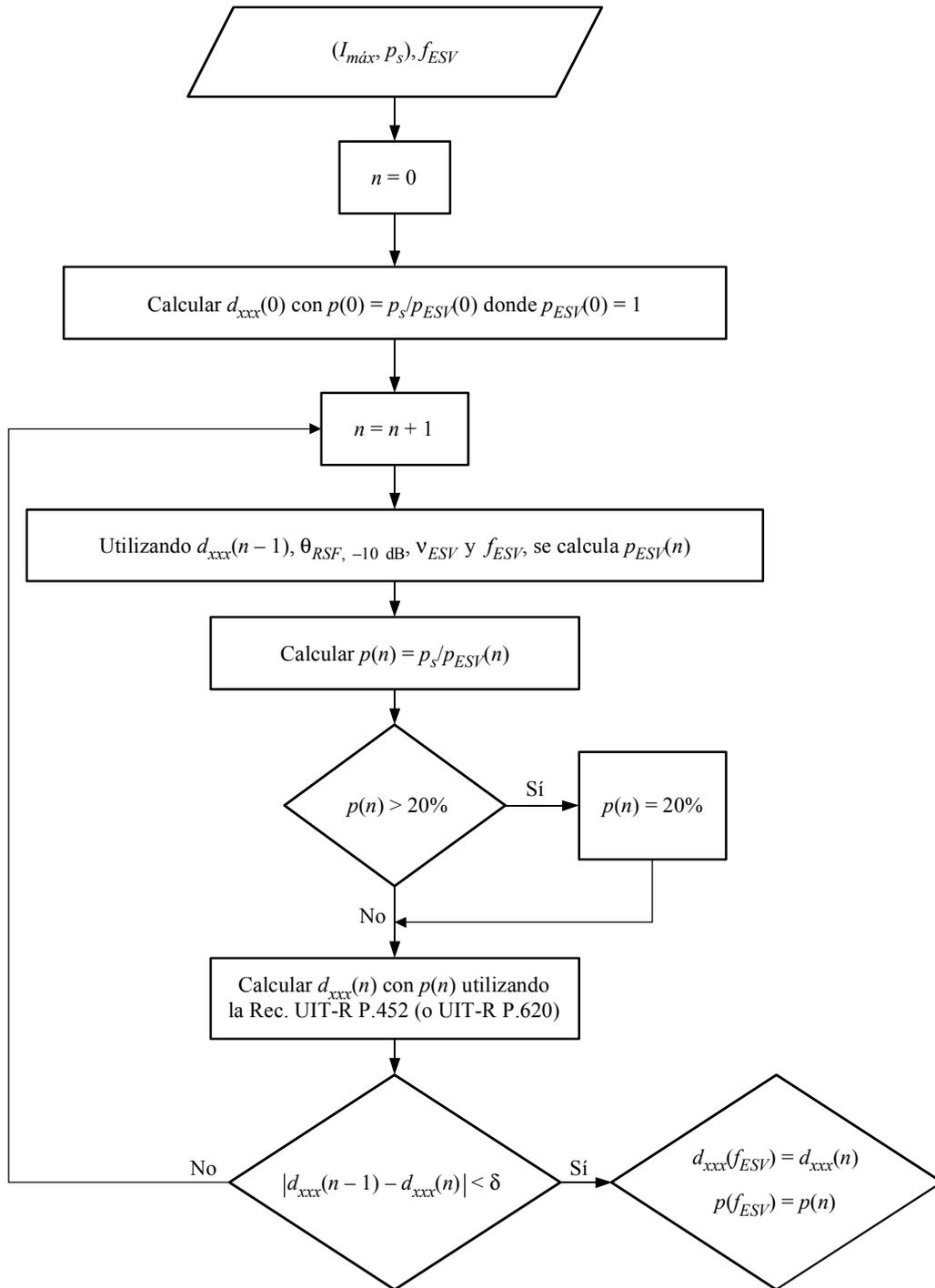


1650-01

La Fig. 2 presenta un organigrama con los detalles del procedimiento iterativo. Este procedimiento puede iniciarse bajo la hipótesis de que siempre está presente la ESV, obteniéndose $d_{xxx}(0)$. La siguiente iteración determina cuánto tiempo permanece la ESV dentro de la anchura de haz a -10 dB del RSF a la distancia $d_{xxx}(0)$ y se calcula a continuación $d_{xxx}(1)$ basándose en el valor resultante de p . El procedimiento continúa hasta que la diferencia entre d_{xxx} en sucesivas iteraciones es menor que un valor umbral, δ . Se recomienda que $\delta = 3$ km.

FIGURA 2

Organigrama del proceso iterativo



- n : etapa de la iteración, $n = 0, 1, 2, \dots$
- $I_{máx}$: máxima potencia de interferencia admisible (dBW)
- p_s : porcentaje de tiempo (anual) durante el cual puede rebasarse el valor $I_{máx}$ (%)
- p_{ESV} : porcentaje de tiempo (anual) durante el cual están presentes las ESV (%)
- v_{ESV} : velocidad del barco (km/h)
- p : porcentaje de tiempo (anual) durante el cual no se rebasa la mínima pérdida de transmisión requerida (%)
- δ : 3 km, que es el valor recomendado (no se recomiendan distancias inferiores a 3 km debido a la interacción entre las iteraciones del modelo de propagación y las iteraciones de este método)

2 Valores de los parámetros

Los valores de los parámetros indicados a continuación no representan necesariamente el caso más desfavorable de cada parámetro. Sin embargo, se utilizan para obtener un conjunto representativo de características que se considera que proporcionan protección adecuada al servicio fijo contra la posible interferencia procedente de las ESV.

2.1 Valores de los parámetros para la banda de 6 GHz

CUADRO 1

Parámetros utilizados para calcular la distancia mínima

Parámetros de la ESV		
Parámetro	Valor	Comentario
Frecuencia de funcionamiento, f (MHz)	6 000	
Altura de la antena sobre el nivel del mar, h_{ts} (m)	40	
Ángulo de elevación hacia el satélite, φ (grados)	>10	Los ángulos de elevación menor pueden utilizarse siempre que la p.i.r.e. hacia el horizonte sea consecuente con la limitación operacional del ángulo de elevación de 10°
Ángulo de ganancia hacia el horizonte, θ_h (grados)	0	Ecuación (24) de la Recomendación UIT-R SM.1448 = 0 en el caso más desfavorable
Máxima potencia de transmisión a la entrada de la antena, $P_{t, \text{máx}}$ (dBW)	16,7	
Mínimo diámetro de la antena, $D_{\text{mín}}$ (m)	2,4	
Ganancia de la antena en dirección del RSF, $G_t = G_{ESV}(\varphi)$ (dBi)	+4 a -10	Ecuación (33) de la Recomendación UIT-R SM.1448
Máxima anchura de banda ocupada, B_{ESV} (MHz)	2,346	
Velocidad de transmisión de datos, R_{ESV} (Mbit/s)	1,544	
Velocidad del barco, v_{ESV} (km/h)	18,3	Mínimo valor típico en navegación (10 nudos)
Frecuencia de paso, f_{ESV} (pasos/año) que cae dentro de la anchura de banda del canal de recepción del RSF	Variable	Véase el § 3.5
Parámetros del RSF		
Frecuencia de funcionamiento, f (MHz)	6 000	Igual al valor de la ESV
Altura de la antena sobre el suelo, h_{rg} (m)	70	

CUADRO 1 (Continuación)

Parámetros del RSF (Continuación)		
Parámetro	Valor	Comentario
Altura del suelo sobre el nivel medio del mar, h_g (m)	50	
Altura de la antena sobre el nivel medio del mar, $h_{rs} = h_g + h_{rg}$ (m)	120	Se calcula utilizando los valores anteriores
Máxima ganancia de la antena en el eje de puntería, $G_r = G_{RSF}(0)$ (dBi)	45	Recomendación UIT-R F.758
Anchura de haz a -10 dB, $\theta_{RSF, -10}$ dB (grados)	1,72	Recomendación UIT-R F.699
Ganancia media de la antena en la anchura de haz a -10 dB, $G_{r, MED}$ (dBi)	42,5	Calculada
Pérdidas en el alimentador, F (dB)	3	
Anchura de banda del receptor, B_{RSF} (MHz)	11,2	
Temperatura de ruido, T_{RSF} (K)	750	Recomendación UIT-R SM.1448
Velocidad de transmisión de datos, R_{RSF} (Mbit/s)	34	
Longitud del trayecto de referencia (km)	25	
Objetivo de interferencia de corta duración		
Criterio de interferencia, I/N_{th} (dB)	<ul style="list-style-type: none"> – $I/N = 23$ dB no deben rebasarse durante más del $1,2 \times 10^{-5}\%$ del tiempo para el nivel de (segundo con muchos errores) (SES). – $I/N = 19$ dB no debe rebasarse durante más del $4,5 \times 10^{-4}\%$ del tiempo para el nivel de (segundo con errores) (ES) 	<p>Estas cifras se basan en un margen de desvanecimiento neto de 24 dB con referencia al nivel de BER de 1×10^{-3}.</p> <p>Obsérvese que el criterio de interferencia asociado con el nivel ES es el más estricto y, por consiguiente, se utiliza para determinar la distancia necesaria</p>
Nivel de potencia de interferencia admisible, $I_{máx}$ (dBW)	-110,4	$= 10 \log(k T_{RSF} B_{RSF}) + I/N_{th}$
Porcentaje de tiempo durante el cual $P_{interferencia,S}$ pueden rebasarse, p_s (%)	$4,5 \times 10^{-4}\%$	
Exactitud del seguimiento de la antena ESV	$\pm 0,2^\circ$ cresta	

CUADRO 1 (Fin)

Cálculo de las pérdidas mínimas de transmisión admisibles (dB)		
Parámetro	Valor	Comentario
Pérdidas, $L_{b, \min}(p_s)$ (dB)	Calculada	Véase la ecuación (2)
Distancia de la ESV al RSF, d_{xxx} (km)	Calculada	
Distancia recorrida por la ESV a través de la anchura de haz a -10 dB $d_{ESV \text{ en el haz}}$ (km)	Calculada	$= 2d_{xxx} \text{tg}(\theta_{RSF, -10 \text{ dB}}/2)$
Tiempo en que la ESV se encuentra dentro de la anchura de haz a -10 dB, $t_{ESV \text{ en el haz}}$ (h)	Calculado	$= d_{ESV \text{ en el haz}}/v_{ESV}$
Porcentaje de tiempo de interferencia causado por una ESV, p_{ESV} (%)	Calculado	$= (f_{ESV} t_{ESV \text{ en el haz}}/8\ 760) \times 100\%$
Porcentaje de tiempo durante el cual no se rebasa el valor de $L_{b, \min}(p_s)$, p (%)	Calculado	$= (p_s/p_{ESV}) \times 100\%$

2.2 Valores de los parámetros para la banda de 14 GHz

CUADRO 2

Parámetros utilizados para calcular la distancia mínima

Parámetros de la ESV		
Parámetro	Valor	Comentario
Frecuencia de funcionamiento, f (MHz)	14 250	
Altura de la antena sobre el nivel del mar, h_{ts} (m)	40	
Ángulo de elevación hacia el satélite, φ (grados)	>10	Los ángulos de elevación menor pueden utilizarse siempre que la p.i.r.e. hacia el horizonte sea consecuente con la limitación operacional del ángulo de elevación de 10°
Ángulo de ganancia hacia el horizonte, θ_h (grados)	0	
Máxima potencia de transmisión a la entrada de la antena, $P_{t, \max}$ (dBW)	12,2	
Mínimo diámetro de la antena, D_{\min} (m)	1,2	
Ganancia de la antena en dirección del RSF, $G_t = G_{ESV}(\varphi)$ (dBi)	+4 a -10	

CUADRO 2 (Continuación)

Parámetros de la ESV (Continuación)		
Parámetro	Valor	Comentario
Máxima anchura de banda ocupada, B_{ESV} (MHz)	2,346	
Velocidad de transmisión de datos, R_{ESV} (Mbit/s)	1,544	
Velocidad del barco, v_{ESV} (km/h)	18,3	Mínimo valor típico en navegación (10 nudos)
Frecuencia de paso, f_{ESV} (pasos/año) en que cae dentro de la anchura del canal de recepción del RSF	Variable	Véase el § 3.6
Parámetros del RSF		
Frecuencia de funcionamiento, f (MHz)	14 250	Igual al valor de la ESV
Altura de la antena sobre el nivel del suelo, h_{rg} (m)	30	
Altura del suelo sobre el nivel medio del mar, h_g (m)	50	
Altura de la antena sobre el nivel medio del mar, $h_{rs} = h_g + h_{rg}$ (m)	80	Suma de los valores anteriores
Máxima ganancia de la antena en el eje de puntería, $G_r = G_{RSF}(0)$ (dBi)	43	Para una antena de 1,2 m de diámetro
Anchura de haz a -10 dB, $\theta_{RSF, -10 \text{ dB}}$ (grados)	2,2	Calculada mediante la Recomendación ITU-R F.1245
Ganancia media de la antena en la anchura de haz a -10 dB, $G_{r, MED}$ (dBi)	40,5	Calculada
Pérdidas en el alimentador, F (dB)	3	
Velocidad de transmisión de datos (Mbit/s)	34	
Anchura de banda del receptor, B_{RSF} (MHz)	14	Para enlaces de 34 Mbit/s
Margen de desvanecimiento neto con referencia a un nivel de BER de 1×10^{-3} (dB)	24	
I/N aplicable al criterio ES (I/N_{th})	19	
Factor de ruido, NF (dB)	4,5	
Exactitud del seguimiento de la antena ESV	$\pm 0,2^\circ$ de cresta	

CUADRO 2 (Fin)

Objetivo de interferencia de corta duración		
Parámetro	Valor	Comentario
Nivel de potencia de interferencia admisible, $P_{interferencia, S}$ (dBW)	-109	$=10 \log(k T B_{RSF}) + NF + I/N_{th}$
Porcentaje de tiempo durante el cual puede rebasarse el valor de $I_{máx}, p_s$ (%)	$2,7 \times 10^{-4}$	
Cálculo de las pérdidas mínimas de transmisión admisibles (dBi)		
Pérdidas, $L_{b, min}(p_s)$ (dB)	Calculadas	Véase la ecuación (2)
Cálculo del porcentaje de tiempo aplicable durante el cual no se rebasan las mínimas pérdidas de propagación considerando que las ESV no siempre están presentes		
Distancia representativa entre la ESV y el RSF, d_{xxx} (km)	Calculada	
Distancia que recorre la ESV dentro de la anchura de haz a -10 dB, $d_{ESV \text{ en el haz}}$ (km)	Calculada	$= 2d_{xxx} \text{tg}(\theta_{RSF, -10 \text{ dB}/2})$
Tiempo que permanece la ESV en la anchura de haz a -10 dB, $t_{ESV \text{ en el haz}}$ (h)	Calculado	$= d_{ESV \text{ en el haz}} / v_{ESV}$
Porcentaje de tiempo de interferencia causado por una ESV, p_{ESV} (%)	Calculado	$= (f_{ESV} t_{ESV \text{ en el haz}} / 8760) \times 100\%$
Porcentaje del tiempo durante el cual no se rebasa el valor de $L_{b, min}(p_s), p$ (%)	Calculado	$= (p_s / p_{ESV}) \times 100\%$

3 Discusión de las hipótesis y los valores de los parámetros

3.1 Máxima potencia de transmisión de la ESV

El valor de $P_{t, máx}$ es la máxima potencia a la entrada de la antena y no la máxima potencia de salida procedente del amplificador de gran potencia (HPA) del transmisor de la ESV. El valor de $P_{t, máx}$ debe tener en cuenta la suma de las pérdidas que se producen en todos los guíasondas, cables y conexiones giratorias que pueden encontrarse en el trayecto de la señal entre la salida del HPA y el conector de entrada de la antena.

$P_{t, máx}$ es el nivel de máxima potencia supuesto a la entrada de la antena de una ESV que transmite a la máxima velocidad binaria y, por consiguiente, representa el valor de caso más desfavorable de cualquier ESV. Para la banda de 6 GHz, $P_{t, máx} = 16,7$ dBW y para la banda de 14 GHz la potencia $P_{t, máx} = 12,2$ dBW. Sin embargo, el valor de la potencia del transmisor depende en gran medida de la velocidad binaria necesaria y de otras características del sistema. Para las ESV en la banda de 6 GHz la potencia del transmisor puede ser de unos 0 dBW (16,7 dB menos que la potencia $P_{t, máx}$) en el caso de portadoras de baja velocidad binaria y para las ESV en la banda de 14 GHz la potencia del transmisor puede tomar un valor tan bajo como unos -13 dBW (25,2 dB menos que la potencia máxima $P_{t, máx}$) en el caso de portadoras de baja velocidad binaria.

3.2 Ganancia de la ESV en dirección del RSF

Bajo la hipótesis de caso más desfavorable consistente en que los ángulos acimutales de la ESV al RSF, y de la ESV al satélite deseado de la ESV sean iguales, G_t se define de la forma siguiente:

$$G_t = G_{ESV}(\theta_{ESV}) \quad \text{dBi} \quad (3)$$

siendo:

$G_{ESV}(\theta)$: ganancia de la antena de la ESV a un ángulo θ con respecto al eje de puntería, a la frecuencia de transmisión (dBi)

θ_{ESV} : ángulo de elevación de la antena de la ESV con respecto a la horizontal (grados).

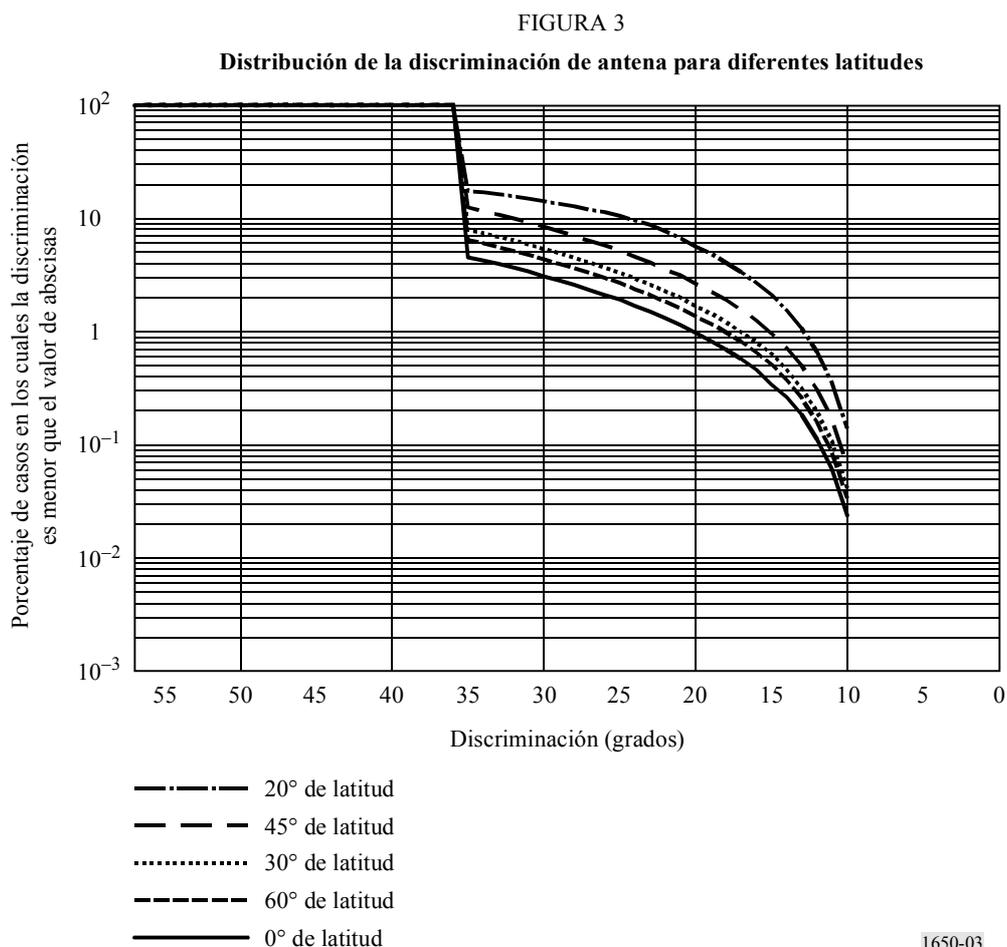
En cualquier otro caso, G_t vendría dada por $G_{ESV}(\theta')$, siendo θ' el ángulo formado por el eje de puntería de la antena de la ESV y el horizonte en la dirección del acimut del RSF ($\theta' > \theta_{ESV}$). $G_{ESV}(0)$ es la (máxima) ganancia en el eje de puntería de la antena de la ESV y θ se mide con respecto al eje de puntería de la antena.

Los resultados de los cálculos se presentan para ángulos de discriminación de 10° , 20° y 36° . Los resultados para 36° también son aplicables a todos los ángulos de discriminación superiores a 36° . La probabilidad de aparición de cada valor depende del acimut relativo de la ESV con respecto a la dirección del servicio fijo, de la mínima elevación de la ESV que debe considerarse y por último de la latitud bajo la cual funciona la ESV, que controla la máxima elevación de la ESV.

Por lo tanto, es posible calcular la discriminación de antena para todos los casos geométricos teniendo en cuenta el acimut de la ESV con respecto al RSF (de 0° a 360°) y su elevación (desde la mínima elevación a la máxima elevación, dependiendo esta última de la latitud considerada).

Basándose en ello, se han representado en la Fig. 3 las distribuciones de esa discriminación de antena para una cierta latitud y un mínimo ángulo de elevación de 10° .

Como puede verse en el Cuadro 3, la Fig. 3 muestra que la aparición de una discriminación de antena inferior a 36° es pequeña, para las latitudes más bajas en particular. Un ángulo de discriminación menor de 36° aparece entre el 17,5% de los casos (a 60° de latitud) y el 4,6% de los casos (a 0° de latitud). Además, una discriminación inferior a 20° representa únicamente el 2,3% a 45° de latitud. Puede observarse en la Fig. 3 que (para una mínima de elevación de 10°) la discriminación de 10° aparece únicamente en el improbable caso en que el acimut del SF y la ESV están alineados.



CUADRO 3

Ángulo de discriminación de la antena de la ESV para distintas latitudes

Latitud (grados)	Máxima elevación (grados)	Porcentaje para la discriminación indicada		
		> 36°	< 30°	< 20°
0	90	95,4	2,8	0,8
20	66,6	93,6	4	1,2
30	55,8	92,1	4,9	1,4
45	38,2	87,6	7,7	2,3
60	22	82,5	13,5	4,8

Teniendo en cuenta los porcentajes que aparecen en el Cuadro 3 sólo se proporcionan los resultados de la distancia para una discriminación de 20° y de 36°.

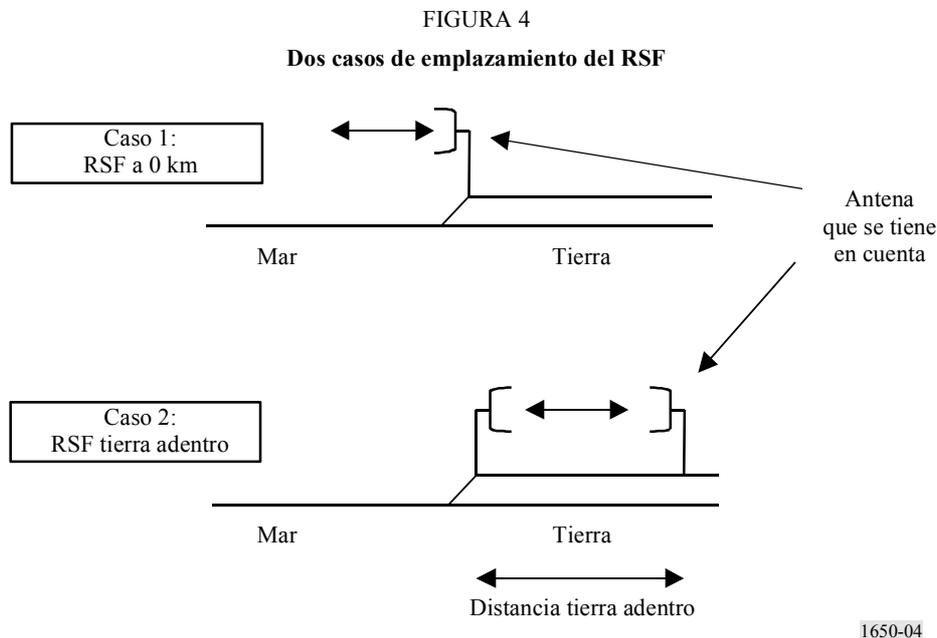
3.3 Modelo de propagación

Los resultados se presentan basándose en los modelos de propagación de las Recomendaciones UIT-R P.452 y UIT-R P.620.

Dichos resultados se muestran para dos ejemplos de latitud: 45° y 20°.

3.4 Emplazamiento del RSF

La metodología de cálculo se basa en el análisis de interferencia provocada por la ESV al lóbulo principal de la antena del RSF. Los resultados se presentan para dos casos: con el RSF situado en la costa (a 0 km del mar) y con el RSF situado a una cierta distancia tierra adentro (a 25 km del mar para la banda de 6 GHz y a 15 km para la banda de 14 GHz) como muestra la Fig. 4.

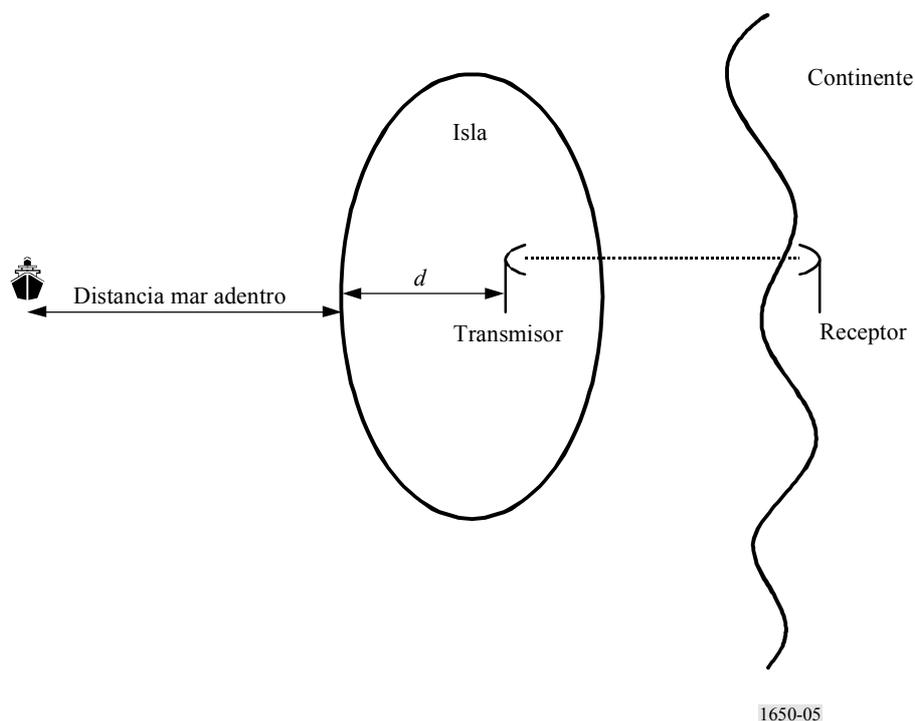


Los receptores de los enlaces fijos situados en la costa generalmente estarán apuntando tierra adentro. Sin embargo, debido a los enlaces que dan servicio a islas alejadas de la tierra firme puede haber enlaces situados en la costa o cerca de ella dirigidos directamente hacia el mar. La consecuencia de esta hipótesis es que la distancia mar adentro debe basarse en el caso del RSF situado en la costa para asegurar que todos los RSF resultan protegidos. No obstante, sería lógico aplicar la distancia mar adentro desde la costa de la isla así como de la tierra firme. Esa situación queda reflejada en la Fig. 5.

La Figura muestra que la distancia entre la ESV y el RSF es la distancia mar adentro + la longitud del enlace fijo + la distancia d desde el transmisor del enlace fijo situado en la isla hasta la costa en dirección del barco. Por consiguiente, incluso para los enlaces fijos que dan servicio a islas siempre hay una distancia adicional entre el RSF y la costa a partir de la cual se considera la distancia mar adentro.

En el RR no sería práctico aplicar la distancia mar adentro a unos tipos de tierra y no a otros. En consecuencia parece razonable suponer que la distancia debería aplicarse con respecto a toda la tierra, incluidas las islas.

FIGURA 5
RSF situado en la costa y que da servicio a una isla



1650-05

3.5 Número de barcos en la banda de 6 GHz

Es necesario estimar el número de barcos que atraviesa el haz del RSF cuyas emisiones se reciben dentro de la anchura de banda del receptor.

La Recomendación UIT-R S.1428 da una idea sobre el número de barcos que pueden realmente existir o preverse en un próximo futuro. En el Cuadro 3 se indica el número de terminales.

CUADRO 3

Sistema 1	«en torno a 40»
Sistema 2	«en torno a 50»
Sistema 3	«43»
Sistema 4	«en torno a 50»
Total	«aproximadamente 183»

Probablemente hay otros proveedores de servicio que no están incluidos en la Recomendación pero el número de ESV actualmente en funcionamiento puede suponerse que es de unos pocos centenares, explotadas en todo el mundo. Sin embargo es razonable suponer también que el número de ESV aumentará en el futuro.

Aunque es necesario considerar el probable crecimiento futuro en el número de ESV, ello depende de diversos factores difíciles de cuantificar.

Teniendo en cuenta lo anterior, las distancias se calculan para una cierta gama de frecuencia de tránsito de los barcos; es decir, un barco cada tres días, un barco cada día y tres barcos cada día.

3.6 Número de barcos en la banda de 14 GHz

En la banda 14,25-14,5 GHz las estaciones terrenas situadas a bordo de barcos probablemente irán instaladas en buques transbordadores. Por lo tanto, normalmente el número de barcos será superior que en el caso de la banda 5925-6425 MHz. Las estadísticas para el Reino Unido indican que Dover es el puerto con mayor número de tráfico de buques transbordadores. En 1999 hubo aproximadamente 24000 llegadas de este tipo de barcos, lo que supone unos 66 transbordadores cada día. El número de pasos de barcos por día se estimó, por consiguiente, en unos 132. Si las emisiones de la ESV se distribuyen uniformemente a lo largo de toda la banda, es decir 14-14,5 GHz, el número de pasos de barcos que caen dentro de los 250 MHz superiores de la banda puede estimarse en 66 pasos al día. Suponiendo una emisión de ESV en cualquier instante en la anchura de banda del RSF, el número de pasos de barco por día es de $66 \times 17/250$ ó 4,5 al día. A fin de mantener un grado equilibrado de conservadurismo, la mínima distancia se ha calculado para tres pasos de barcos por día y seis barcos por día.

3.7 Altura del RSF

Para los cálculos en la banda de 6 GHz, se considera que la antena del RSF se encuentra a 120 m sobre el nivel medio del mar. Aunque este valor es representativo para la mayoría de los casos, en algunos países pueden situarse enlaces fijos en montañas con una altitud de unos 1000 m. Si también se supone que el RSF se encuentra a 25 km de la costa y orientado hacia el mar, el correspondiente transmisor del enlace fijo probablemente se encontrará a una latitud muy inferior y por consiguiente el RSF tendrá un ángulo de elevación negativo (aproximadamente de $-2,3^\circ$) mientras que el ángulo de elevación del RSF a la ESV situada mar adentro será de unos 0° . Por lo tanto aparecerá una discriminación adicional de la antena del RSF.

4 Distancias resultantes

Utilizando los valores de los parámetros y la metodología descritos anteriormente, la mínima distancia puede calcularse como se indica en los siguientes Cuadros.

4.1 Distancias para la banda de 6 GHz

a) Distancia de protección en la banda de 6 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.620, latitud = 45°

		RSF a 0 km de la costa			RSF a 25 km de la costa ⁽¹⁾		
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		170,5	163	156,5	170,5	163	156,5
1 barco cada tres días	Distancia (km)	420	345	280	375	300	235
	p (%)	0,048	0,058	0,071	0,050	0,061	0,077
1 barco cada día	Distancia (km)	445	370	300	405	325	260
	p (%)	0,015	0,018	0,022	0,015	0,019	0,023
3 barcos cada día	Distancia (km)	465	385	320	425	350	280
	p (%)	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

⁽¹⁾ Las distancias indicadas se refieren a la costa, lo que significa que las distancias que aparecen en las columnas correspondientes a «RSF a 25 km de la costa» representan la distancia al RSF menos 25 km.

⁽²⁾ La discriminación de 10° únicamente se produce en el improbable caso en el que los acimuts del RSF y la ESV están alineados y la ESV funciona con el mínimo ángulo de elevación.

b) Distancia de protección en la banda de 6 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.452, latitud = 45° ($\Delta N = 50$)

		RSF a 0 km de la costa			RSF a 25 km de la costa ⁽¹⁾		
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		170,5	163	156,5	170,5	163	156,5
1 barco cada tres días	Distancia (km)	404	328	265	368	294	233
	p (%)	0,049	0,060	0,075	0,050	0,072	0,077
1 barco cada día	Distancia (km)	427	347	283	396	321	258
	p (%)	0,015	0,019	0,023	0,016	0,019	0,023
3 barcos cada día	Distancia (km)	445	365	298	420	342	279
	p (%)	0,005	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007

c) Distancia de protección en la banda de 6 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.620, latitud = 20°

		RSF a 0 km de la costa		RSF a 25 km de la costa ⁽¹⁾	
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		20°	36	20	36
L_b (dB)		163	156,5	163	156,5
1 barco cada tres días	Distance (km)	375	307	343	277
	p (%)	0,052	0,064	0,053	0,065
1 barco cada día	Distance (km)	391	323	362	293
	p (%)	0,017	0,020	0,017	0,020
3 barcos cada día	Distance (km)	408	377	378	308
	p (%)	0,006	0,007	0,006	0,007

d) Distancia de protección en la banda de 6 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.452, latitud = 20° ($\Delta N = 70$)

		RSF a 0 km de la costa		RSF a 25 km de la costa ⁽¹⁾	
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		20	36	20	36
L_b (dB)		163	156,5	163	156,5
1 barco cada tres días	Distancia (km)	348	283	318	253
	p (%)	0,057	0,070	0,057	0,071
1 barco cada día	Distancia (km)	364	297	334	267
	p (%)	0,018	0,022	0,018	0,023
3 barcos cada día	Distancia (km)	378	310	347	281
	p (%)	0,006	0,007	0,006	0,007

Al considerar los resultados indicados anteriormente deben tenerse en cuenta los valores de los parámetros y las hipótesis mencionados en el § 3. La mínima distancia recomendada desde la costa más allá de la cual la ESV en navegación no debe causar interferencia inaceptable al servicio fijo es de 300 km.

4.2 Distancias para la banda de 14 GHz

a) Distancia de protección en la banda de 14 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.620, latitud = 20°

		RSF a 0 km de la costa		RSF a 15 km de la costa ⁽¹⁾	
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		20	36	20	36
L_b (dB)		155,2	148,7	155,2	148,7
L_1 (dB)		19,7	13,2	19,7	13,2
3 barcos cada día	Distancia (km)	165	120	150	105
	p (%)	0,009	0,013	0,009	0,005
6 barcos cada día	Distancia (km)	170	120	155	105
	p (%)	0,004	0,006	0,004	0,006

⁽¹⁾ Las distancias indicadas se refieren a la costa, lo que significa que las distancias que aparecen en las columnas correspondientes a «RSF a 15 km de la costa» representan la distancia hasta el RSF menos 15 km.

b) Distancia de protección en la banda de 14 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.452, latitud = 20° ($\Delta N = 70$)

		RSF a 0 km de la costa		RSF a 15 km de la costa ⁽¹⁾	
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		20	36	20	36
L_b (dB)		155,2	148,7	155,2	148,7
3 barcos cada día	Distancia (km)	156	111	140	95
	p (%)	0,007	0,009	0,007	0,005
6 barcos cada día	Distancia (km)	160	114	144	98
	p (%)	0,003	0,005	0,003	0,005

c) Distancia de protección en la banda de 14 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.620, latitud = 45°

		RSF a 0 km de la costa			RSF a 15 km de la costa ⁽¹⁾		
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		162,7	155,2	148,7	162,7	155,2	148,7
L_1 (dB)		27,2	19,7	13,2	27,2	19,7	13,2
3 barcos cada día	Distancia (km)	210	160	115	195	140	95
	p (%)	0,007	0,010	0,013	0,007	0,010	0,014
6 barcos cada día	Distancia (km)	215	165	115	200	145	100
	p (%)	0,004	0,005	0,007	0,004	0,005	0,007

⁽²⁾ La discriminación de 10° únicamente se produce en el improbable caso en el que los acimuts del RSF y la ESV estén alineados y la ESV funcione con el mínimo ángulo de elevación.

d) Distancia de protección en la banda de 14 GHz obtenida mediante la Recomendación UIT-R P.452, latitud = 45° ($\Delta N = 50$)

		RSF a 0 km de la costa			RSF a 15 km de la costa ⁽¹⁾		
Ángulo de discriminación de la antena (grados)		10 ⁽²⁾	20	36	10 ⁽²⁾	20	36
L_b (dB)		162,7	155,2	148,8	162,7	155,2	148,8
3 barcos cada día	Distancia (km)	202	150	106	183	131	87
	p (%)	0,005	0,007	0,010	0,006	0,009	0,014
6 barcos cada día	Distancia (km)	205	155	109	187	136	90
	p (%)	0,003	0,004	0,034	0,003	0,004	0,007

Al considerar los resultados indicados anteriormente deben tenerse en cuenta los valores de los parámetros y las hipótesis indicados en el § 3. La mínima distancia recomendada desde la costa más allá de la cual las ESV en navegación no deben causar interferencia inaceptable al servicio fijo es de 125 km.