

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1190*

**CRITERIOS DE PROTECCIÓN EN SISTEMAS DE RADIOENLACES DIGITALES
PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD CON LOS SISTEMAS DE RADAR
EN EL SERVICIO DE RADIODETERMINACIÓN**

(Cuestión UIT-R 159/9)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los sistemas de radar pueden provocar interferencias en los sistemas de radioenlaces digitales dando lugar a ráfagas regulares de errores relativos a las características de explotación del radar; por ejemplo, la velocidad de rotación de la antena del radar;
- b) que la importancia de los sistemas de radar es reconocida a escala mundial pero, no obstante, deben realizarse esfuerzos para disminuir los niveles de emisiones no esenciales procedentes de tales sistemas;
- c) la importancia de los sistemas de radioenlaces digitales en las redes de telecomunicaciones;
- d) que es necesario establecer criterios para asegurar la compatibilidad entre los sistemas de radar y los sistemas de radioenlaces digitales;
- e) que los efectos de la interferencia procedente de los sistemas de radar son distintos según el tipo de sistema;
- f) que aunque el efecto de la interferencia de radar en los sistemas de radioenlaces digitales varía según el método de modulación utilizado en los sistemas interferidos, provisionalmente parece conveniente definir el umbral de protección en términos de la relación interferencia/ruido térmico para que los criterios puedan aplicarse a cualquier método de modulación,

recomienda

- 1** que la potencia interferente se evalúe en términos de potencia en la cresta de la envolvente en toda la anchura de banda necesaria de un radiocanal del sistema interferido;
- 2** que en caso de interferencia procedente de sistemas de radar fijos y transportables terrestres.
 - 2.1** la relación interferencia/ruido térmico (a la que se refiere el § 1)) no sea superior a 0 dB (véanse las Notas 1 y 2);
 - 2.2** la interferencia se evalúe en situaciones de funcionamiento real o previsto;
 - 2.3** para el caso del haz principal de la antena del radioenlace afectado por la interferencia, la densidad de flujo de potencia en la estación receptora de los sistemas de radioenlaces debida a emisiones no deseadas no sea mayor de -127 dB(W/m²) en cualquier banda de 40 MHz de anchura en las gamas 3 400-4 200 MHz y 4 400-5 000 MHz o mayor de -130 dB(W/m²) en cualquier banda de 20 MHz de anchura en la gama 5 925-6 425 MHz (véase el Anexo 2);
- 3** que en el caso de interferencia procedente de sistemas de radares móviles marítimos y móviles/transportables terrestres (véase la Nota 3):
 - 3.1** la relación interferencia/ruido térmico (I/N) (a la que se refiere el § 1) no sea superior a 10 dB (véanse las Notas 1, 2 y 5);
 - 3.2** la interferencia se evalúe en situaciones de funcionamiento real o previsto. Sin embargo, en muchos casos, para los radares móviles marítimos debe considerarse representativa la condición de 20 km de distancia para la exposición directa con propagación con visibilidad directa y en espacio libre;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención del Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones (GT 8C), de la Organización Marítima Internacional (OMI) y del Comité Internacional Radiomarítimo (CIRM).

3.3 la densidad de flujo de potencia en la estación receptora de los sistemas de radioenlaces debida a emisiones no deseadas no sea mayor de -117 dB(W/m²) en cualquier banda de 40 MHz de anchura en las gamas 3 400-4 200 MHz y 4 400-5 000 MHz o mayor de -120 dB(W/m²) en cualquier banda de 20 MHz de anchura en la gama 5 925-6 425 MHz (véase la Nota 4);

4 que para evaluar la potencia interferente provocada en los sistemas de radioenlaces digitales por las emisiones no deseadas de los sistemas de radar se tengan en cuenta las directrices indicadas en el Anexo 1.

NOTA 1 – Este valor se ha obtenido suponiendo que la interferencia procedente de los sistemas de radar tiene naturaleza intermitente y su probabilidad de aparición es baja. Es necesario realizar más estudios y pruebas para dar validez a estas suposiciones.

NOTA 2 – Por el momento, este criterio debe aplicarse únicamente a la interferencia de radar en las bandas de frecuencias inferiores a unos 7 GHz. Se necesitan más estudios al respecto.

NOTA 3 – El servicio móvil marítimo no incluye la radiolocalización naval de alta potencia.

NOTA 4 – Los valores de densidad de flujo de potencia indicados en el § 3.3 son equivalentes a una p.i.r.e. de emisión no deseada de un sistema de radar de -20 dBW en una banda de 40 MHz de anchura y de -23 dBW en una banda de 20 MHz de anchura, respectivamente, suponiendo una distancia de separación de 20 km (véase el Anexo 2).

NOTA 5 – El valor I/N se ha obtenido suponiendo que la interferencia procedente de los sistemas de radar móviles es de naturaleza temporal.

ANEXO 1

Evaluación de la potencia de interferencia en los sistemas de radioenlaces digitales debida a emisiones no deseadas procedentes de sistemas de radar

La potencia de interferencia debida a emisiones no deseadas procedente de sistemas de radar y causada a sistemas de radioenlaces digitales debe valorarse en términos de potencia en la cresta de la envolvente en la anchura de banda necesaria de un radiocanal del sistema interferido (véase el § 1 de la presente Recomendación). Para evaluar la potencia total en la anchura de banda necesaria deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- no siempre es posible evaluar la potencia en la cresta de la envolvente de la interferencia en el dominio del tiempo;
- medidos en el dominio de la frecuencia, los componentes de interferencia aparecen con una separación de frecuencias igual a la inversa de la anchura del impulso de un sistema de radar;
- existe una cierta coherencia entre tales componentes de interferencia y, en consecuencia, la potencia en la cresta de envolvente de la interferencia combinada depende del grado de coherencia entre los componentes de interferencia;
- por regla general, en la evaluación de las emisiones no esenciales del segundo y tercer armónicos conviene suponer una coherencia perfecta entre los componentes de interferencia (es decir, suma de tensiones);
- normalmente, en la evaluación de las emisiones no deseadas no armónicas es conveniente suponer una coherencia parcial entre los componentes interferentes (es decir, suma cuadrática de potencia 1,5).

Basándose en las anteriores consideraciones, deben emplearse los siguientes métodos para evaluar la potencia de interferencia:

- Preferentemente, la potencia en la cresta de la envolvente de la interferencia de radar en la anchura de banda completa de un radiocanal del sistema interferido debe evaluarse en el dominio del tiempo.
- Si sólo se dispone de datos en el dominio de la frecuencia y éstos consisten en n componentes de interferencia w_i ($i = 1, 2, \dots, n$), expresados en unidades de potencia, la potencia total en la cresta de la envolvente W debe evaluarse de la forma siguiente:

$$W = (\sum w_i^{1/k})^k$$

suponiendo que k toma el valor 2,0 para evaluar las emisiones no esenciales del segundo y tercer armónicos y el valor 1,5 para evaluar la emisión no deseada no armónica. Se necesitan más estudios para dar validez a estos valores.

ANEXO 2

Obtención de los máximos niveles admisibles**1 Introducción**

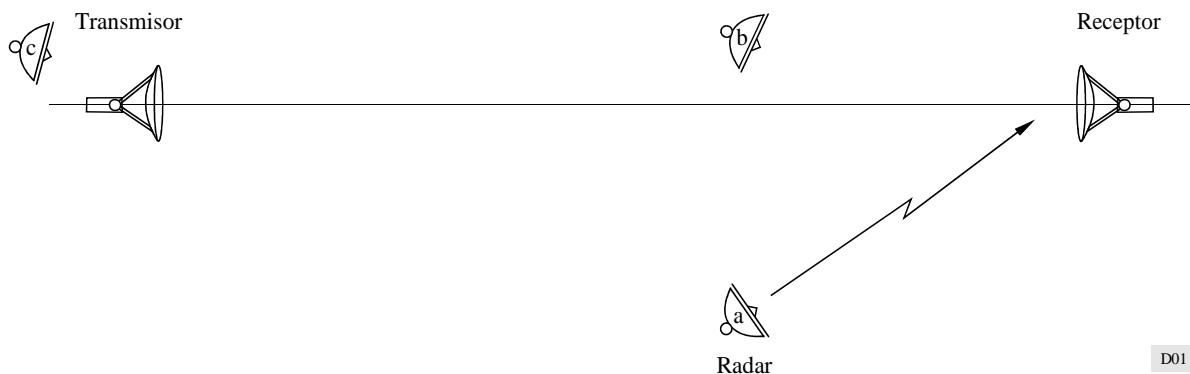
Para facilitar la comprensión de los siguientes ejemplos de cálculo se hace una breve descripción de un caso de interferencia. Además, se explican algunos de los conceptos y valores de los parámetros utilizados normalmente en los radioenlaces de alta capacidad.

Los radioenlaces son sistemas de visibilidad directa (line of sight – LOS) que exigen un trayecto sin obstáculos entre las antenas del transmisor y el receptor. La longitud del trayecto normalmente es de 40-60 km y en algunos casos incluso superior.

Las antenas son del tipo de haz estrecho con alta ganancia, normalmente parabólicas o en algunos casos de diseño similar (reflectores de bocina, etc.). Se procura que los niveles de los lóbulos laterales sean reducidos. Normalmente la anchura a 3 dB del haz principal es del orden de $1,5^{\circ}$ - 2° y la ganancia en el centro del haz es de unos 40-43 dBi.

Si el transmisor de un radar diseñado para funcionar con una f_0 cercana a 3 GHz se utiliza cerca del trayecto de un radioenlace y emite de manera no intencionada por la antena del radar energía no esencial, cierta parte de esa energía puede ser interceptada por la antena del radioenlace. En muchos casos, la emisión no esencial puede penetrar en la antena de recepción del radioenlace a través de los lóbulos laterales, pero en algunas situaciones desfavorables puede que sea el propio haz principal quien intercepte dicha emisión. En la Fig. 1 se representa el vano de un radioenlace con tres posibles ubicaciones de un radar interferente. El emplazamiento a dará lugar a que la interferencia en el radioenlace aparezca por el lóbulo lateral. El emplazamiento b se encuentra cerca de la LOS entre el transmisor y el receptor del radioenlace, lo que puede dar lugar a que resulte interferido el haz principal. El emplazamiento c está próximo a la prolongación de la LOS detrás del transmisor, lo que puede dar lugar igualmente a que el haz principal sea el afectado.

FIGURA 1

Vista en planta del trayecto del radioenlace y las posibles posiciones del radar

D01

El radioenlace se utiliza para transportar un tren de bits de alta velocidad denominado carga útil que puede consistir en varios canales telefónicos multiplexados o en señales de vídeo de televisión digitalizadas. Normalmente la capacidad es de 155,52 Mbit/s (STM-1) ó 311 Mbit/s ($2 \times$ STM-1). El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T) ha publicado unos requisitos estrictos para la calidad de transmisión. Dichos requisitos se expresan en términos del máximo número permitido de segundos con errores (ES) y el máximo número permitido de segundos con muchos errores (SES) (véase la Recomendación UIT-T G.826).

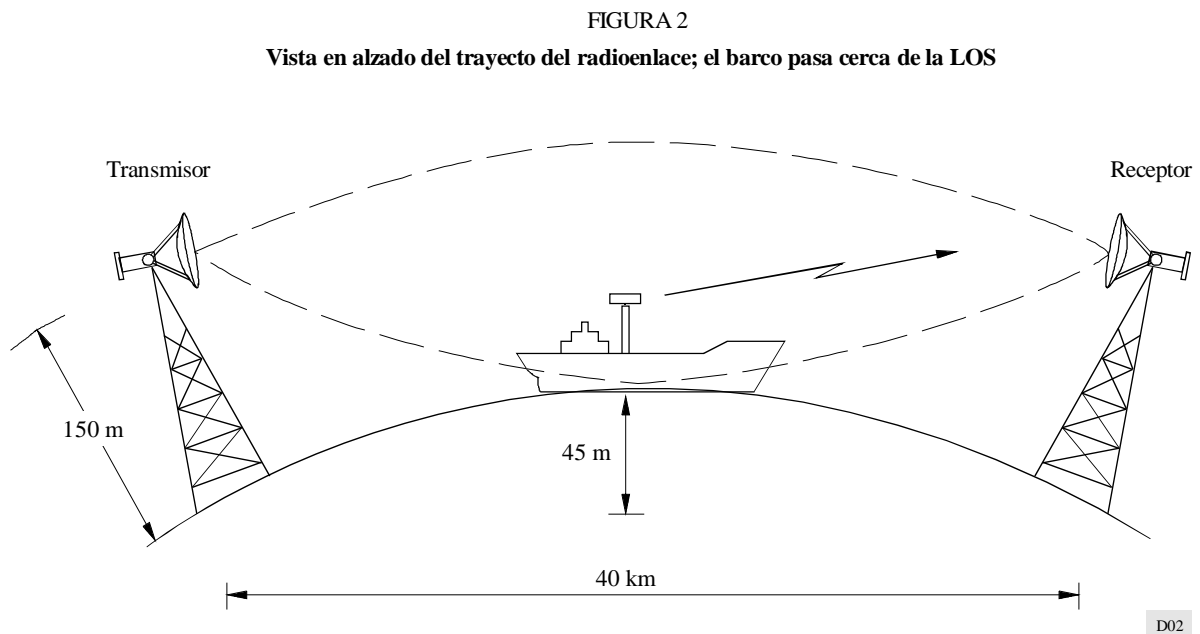
Durante un ES la calidad de la transmisión telefónica o de la señal de vídeo se degrada de forma evidente y durante un SES el radiocanal permanece inutilizable.

Toda emisión no esencial procedente de un radar interceptada por una antena de radioenlace y que penetre en un receptor del radioenlace dará lugar a un cierto nivel de potencia de interferencia I . Este nivel debe compararse con el nivel de ruido de fondo del receptor N . En el diseño del sistema de radioenlace se supone que un receptor funcionará correctamente con un cierto nivel mínimo de señal deseada C y, por consiguiente, con un valor de la relación C/N mínimo. Toda interferencia se considera ruido adicional que degrada la relación C/N y da lugar, en consecuencia, a errores en la transmisión. La recepción de interferencia intermitente (emisión no esencial impulsiva) puede ser especialmente problemática si algunas partes del tren de bits formatado resultan afectadas. Ello puede dar lugar a una pérdida del sincronismo y, consiguientemente, a una pérdida total de la capacidad de transmisión.

En los siguientes ejemplos se realizan algunas hipótesis sobre el caso y la relación I/N necesaria.

En la Fig. 2 se representa una situación en la que el haz principal del radioenlace resulta interceptado. Se supone que la distancia al radar interferente es de 20 km y que el trayecto desde la antena de radar a la antena del radioenlace está libre de obstáculos. En consecuencia, las pérdidas en el trayecto de propagación para las emisiones no esenciales en la banda de 4 GHz es de aproximadamente 130 dB.

Los requisitos de la relación I/N se obtienen para un radioenlace de alta capacidad que utilice un esquema moderno de modulación de alto nivel. El receptor necesita una cierta relación señal de radiofrecuencia/ruido, C/N . Ello se logra en el diseño del sistema proporcionando la adecuada potencia al transmisor y empleando antenas con ganancia adecuada.



D02

2 Emisión no deseada no armónica

En el sistema interferido se suponen los siguientes parámetros:

Banda de frecuencias de funcionamiento:	3 400-4 200 MHz
Anchura de banda del receptor:	40 MHz (véase la Nota 1)
Ganancia de la antena de recepción:	36 dB (tras deducir las pérdidas en el alimentador)
Factor de ruido del receptor:	4 dB
Pérdidas en el espacio libre:	130 dB (20 km)
Ruido térmico:	-140 dB(W/MHz)

En consecuencia, el máximo nivel admisible de interferencia correspondiente a una relación interferencia/ruido térmico de 10 dB es -114 dB(W/40 MHz) a la entrada del receptor del sistema interferido. Para una ganancia de antena de recepción de 36 dB ello supone una densidad de flujo de potencia de -117 dB(W/m²). Para unas pérdidas en el espacio libre de 130 dB y una ganancia de antena de 36 dB, supone una p.i.r.e. de la emisión no deseada de un sistema de radar de -20 dBW.

Cabe señalar que muchos sistemas de radar móvil puede que no cumplan este requisito y se necesitan más trabajos para mejorar dichos sistemas. Debe indicarse igualmente que en el caso de un sistema de radar que utilice un magnetrón, los niveles de las emisiones no deseadas son distintos según el periodo del tiempo de funcionamiento y, en general, los niveles de las emisiones no deseadas no armónicas son más elevados a medida que llega al final de su vida útil.

Para la gama 4 400-5 000 MHz los parámetros supuestos (en particular la ganancia de antena y las pérdidas en el espacio libre) del sistema interferido pueden ser ligeramente distintos. Sin embargo, los cálculos dan lugar al mismo límite de emisión no deseada puesto que el aumento en la ganancia de antena resulta compensado por el incremento de las pérdidas en el espacio libre.

NOTA 1 – La anchura de banda del receptor es diferente dependiendo de los sistemas. Si se tiene en cuenta la coherencia entre los componentes de interferencia (véase el Anexo 1), un sistema con una anchura de banda del receptor más amplia es más susceptible a las emisiones no armónicas procedentes de un sistema de radar, que generalmente tiene una anchura de banda mayor que la del receptor interferido. En consecuencia, se elige el valor de 40 MHz como representante de un sistema con una anchura de banda del receptor amplia.

3 Emisión no esencial del segundo armónico

En el sistema interferido se suponen los siguientes parámetros:

Banda de frecuencias de funcionamiento:	5 925-6 425 MHz
Anchura de banda del receptor:	20 MHz (véase la Nota 2)
Ganancia de la antena de recepción :	40 dB (tras deducir las pérdidas en el alimentador)
Factor de ruido del receptor:	4 dB
Pérdidas en el espacio libre:	134 dB (20 km)
Ruido térmico:	-140 dB(W/MHz)

En consecuencia, el máximo nivel admisible de interferencia correspondiente a una relación interferencia/ruido térmico de 10 dB es -117 dB(W/20 MHz) a la entrada del receptor del sistema interferido. Ello supone una densidad de flujo de potencia de -120 dB(W/m²) y una p.i.r.e. no deseada de un sistema de radar de -23 dBW.

Cabe señalar que muchos sistemas de radar móvil puede que no cumplan este requisito y son necesarios más esfuerzos para mejorar dichos sistemas también en este caso.

NOTA 2 – Generalmente, la anchura de banda de la emisión no esencial del segundo armónico es más estrecha que la del receptor interferido. Por consiguiente, la relación interferencia/ruido térmico es superior en un receptor con anchura de banda más reducida. De esta forma se elige el valor de 20 MHz como representante de un sistema con una anchura de banda del receptor estrecha.
