

## RECOMENDACIÓN UIT-R M.1465

**CARACTERÍSTICAS Y CRITERIOS DE PROTECCIÓN DE LOS RADARES  
QUE FUNCIONAN EN EL SERVICIO DE RADIODETERMINACIÓN EN  
LA BANDA DE FRECUENCIAS 3 100-3 700 MHz**

(Cuestiones UIT-R 216/8 y UIT-R 226/8)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las características en cuanto a antena, propagación de la señal, detección del objetivo y gran anchura de banda necesaria de los radares para lograr sus funciones son óptimas en ciertas bandas de frecuencia;
- b) que las características técnicas de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación vienen determinadas por la misión del sistema y varían ampliamente incluso dentro de una banda;
- c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad, tal como se especifica en el número S4.10 del RR, y no puede aceptarse el que se le cause interferencia perjudicial;
- d) que desde la CAMR-79 se han eliminado o degradado atribuciones considerables de espectro (equivalente a unos 1 GHz) a la radiolocalización y la radionavegación;
- e) que algunos grupos técnicos del UIT-R están considerando la posibilidad de introducir nuevos tipos de sistemas (por ejemplo, el acceso fijo inalámbrico y los sistemas fijos y móviles de gran densidad) o servicios en las bandas comprendidas entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por los radares del servicio de radiodeterminación;
- f) que se requieren características técnicas y operacionales representativas de los sistemas que funcionan en las bandas atribuidas al servicio de radiodeterminación a fin de determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas;
- g) que se necesitan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y los sistemas de otros servicios;
- h) que la banda de frecuencias 3 100-3 400 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario en las tres Regiones;
- j) que la banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título secundario en la Región 1;
- k) que la banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario en las Regiones 2 y 3;
- l) que en el número S5.433 del RR se dispone la atribución a título primario de la banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz al servicio de radiolocalización en las Regiones 2 y 3 y se insta a las administraciones a que cesen toda explotación de sistemas de radiolocalización en esta banda antes de 1985;
- m) que la banda de frecuencias 3 600-3 700 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título secundario en las Regiones 2 y 3;
- n) que la banda de frecuencias 3 100-3 300 MHz está además atribuida al servicio de radionavegación a título primario en los países mencionados en el número S5.428 del RR,

*recomienda*

- 1 que se consideren las características técnicas y operacionales de los radares de radiolocalización descritas en el Anexo 1, representativas de los que funcionan en la banda de frecuencias 3 100-3 700 MHz;

2 que se emplee la Recomendación UIT-R M.1461 como guía en el análisis de compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación con los sistemas de otros servicios;

3 que se utilicen los criterios de relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de potencia de ruido en el receptor de radar,  $I/N$ , de  $-6$  dB como nivel de protección requerido para los sistemas de radiolocalización y que esta cifra represente el nivel de protección neto si hay múltiples fuentes interferentes presentes.

NOTA 1 – Esta Recomendación será revisada cuando se disponga de información más detallada.

## ANEXO 1

### Características técnicas y operativas de los radares de radiolocalización que funcionan en la banda de frecuencias 3 100-3 700 MHz

#### 1 Introducción

En el Cuadro 1 se presentan las características de los radares de radiolocalización que funcionan en la banda de frecuencias 3 100-3 700 MHz, las cuales se examinan a continuación.

CUADRO 1

Cuadro de características de los sistemas de radiolocalización que funcionan en la banda 3 100-3 700 MHz

Parámetros	Sistemas de tierra		Sistemas de barco		Sistema de aeronave
	A	B	A	B	A
Utilización	Búsqueda en la superficie y en el aire	Búsqueda en la superficie	Búsqueda en la superficie y en el aire		Búsqueda en la superficie y en el aire
Modulación	P0N/Q3N	P0N	P0N	Q7N	Q7N
Gama de sintonización (GHz)	3,1-3,7		3,5-3,7	3,1-3,5	3,1-3,7
Potencia del transmisor entregada a la antena (kW) (valor de cresta)	640	1 000	850	4 000	1 000
Anchura de impulsos ( $\mu$ s)	160-1 000	1,0-15	0,25, 0,6	6,4-51,2	1,25 <sup>(1)</sup>
Frecuencia de repetición (kHz)	0,020-2	0,536	1,125	0,152-6,0	2
Relación de compresión	48 000	No aplicable	No aplicable	64-512	250
Tipo de compresión	No disponible	No aplicable	No aplicable	CPFSK	No disponible
Ciclo de trabajo (%)	2-32	0,005-0,8	0,28, 0,67	0,8-2,0	5
Anchura de banda del transmisor (MHz) ( $-3$ dB)	25/300	2	4, 16,6	4	> 30
Ganancia de la antena	39	40	32	42	40
Tipo de antena	Parabólica		Parabólica	PA	SWA
Abertura del haz (H,V) (grados)	1,72	1,05, 2,2	5,8, 4,5	1,7, 1,7	1,2, 3,5
Tipo de exploración vertical	No disponible	No aplicable	No aplicable	Aleatoria	No disponible
Máxima exploración vertical (grados)	93,5	No aplicable	No aplicable	90	$\pm 60$

CUADRO 1 (Fin)

Parámetros	Sistemas de tierra		Sistemas de barco		Sistema de aeronave
	A	B	A	B	A
Velocidad de exploración vertical (grados/s)	15	No aplicable	No aplicable		No disponible
Tipo de exploración horizontal	No aplicable	Giratoria	Giratoria	Aleatoria	Giratoria
Máxima exploración horizontal (grados)	360		360		360
Velocidad de exploración horizontal (grados/s)	15	25,7	24	No aplicable	36
Polarización	RHCP	V	H	V	No disponible
Sensibilidad del receptor (dBm)	No disponible	-112	-112	No disponible	No disponible
Criterios de S/N (dB)	No aplicable	0	14	No disponible	No disponible
Factor de ruido del receptor (dB)	3,1	No disponible	3	No disponible	3
Anchura de banda del receptor en RF (MHz) (-3 dB)	No disponible	2,0	No disponible		No disponible
Anchura de banda del receptor en FI (MHz) (-3 dB)	380	0,67	8	Adaptador a la emisión	1
Zona de actuación del sistema (1 000 km <sup>2</sup> )	32	1 468	188	511	Mundial
Número de sistemas por zona	1	6	1-2	7	36

<sup>(1)</sup> 100 ns comprimidos.

CPFSK: MDF con compresión continua

PA: Elementos radiales en fase

SWA: Elementos radiantes de guías ranuradas.

## 2 Características técnicas

La banda 3 100-3 700 MHz es utilizada por radares instalados en tierra, en barcos y en aeronaves. Por lo general, predominan los radares móviles en barcos y aeronaves, mientras que los sistemas fijos de tierra se utilizan en campos de lanzamiento y con frecuencia están instalados a bordo de globos cautivos dedicados a tareas de vigilancia de superficie terrestre o en zonas costeras. Sus funciones son la búsqueda de aeronaves que vuelan tanto cerca de la superficie terrestre como a gran altitud, la vigilancia en el mar, el seguimiento de aeronaves y la instrumentación de campos de lanzamiento polivalentes. Se utilizan tanto señales no moduladas como con modulación angular por impulsos y la potencia típica del transmisor de cresta va de 500 kW a 4 MW. Se emplean ciclos de trabajo bajos para las funciones de radar de búsqueda con valores típicos inferiores al 1%. El factor de ruido del receptor oscila normalmente entre 3,1 dB y 16 dB. En el Cuadro 1 se exponen las características representativas de tres sistemas de radar en tierra, un sistema para barco y otro para aeronave que funcionan en la banda de 3 100-3 700 MHz.

### 2.1 Radares de tierra

#### 2.1.1 Funcionamiento de los radares de tierra

Los radares de tierra que funcionan en la banda 3 100-3 700 MHz se emplean normalmente para operaciones de prueba dentro y fuera de los campos de lanzamiento. Muchos de estos radares son móviles, en el sentido de que a menudo se instalan en vehículos que permiten su desplazamiento para las funciones de búsqueda y seguimiento de aeronaves en trayectos de vuelo amplios. Otros están instalados en ubicaciones fijas en los campos de lanzamiento, donde realizan

asimismo funciones de búsqueda y seguimiento. El sistema terrestre B del Cuadro 1, está instalado en un globo cautivo a 4 600 m de altitud para realizar la vigilancia de una amplia zona de hasta 275 km. El sistema terrestre A descrito en el Cuadro 1 funciona principalmente durante el día en condiciones meteorológicas favorables para el vuelo, y ocasionalmente durante la noche, mientras que los radares instalados en globos cautivos funcionan constantemente.

### 2.1.2 Transmisor

Los transmisores son ajustables y han de funcionar en cualquier parte dentro de la banda 3 100-3 700 MHz. Se utilizan impulsos no modulados y señales monocanal y multicanal con modulación angular.

### 2.1.3 Receptor

Muchos de los receptores de los radares de los campos de lanzamiento tienen circuitos especiales de control para la correlación entre los datos de vídeo y de otro tipo aplicados a las diferentes pantallas, las consolas de operador y los dispositivos de grabación. Los datos de vídeo recibidos por el radar situado en el globo cautivo se retransmiten a las instalaciones de operador de tierra tanto por radiocomunicaciones (servicio fijo) como por cable.

### 2.1.4 Antena

Las antenas se diseñan para las funciones especiales que se realizan en los campos de lanzamiento, pero funcionan con una ganancia de haz principal de hasta 40 dBi, se orientan electrónicamente y suelen estar dirigidas hacia el cielo en direcciones aleatorias, lo que aumenta la posibilidad de iluminar objetos voladores espaciales y recibir energía de ellos. Los radares situados en globos cautivos dirigen sus antenas hacia puntos situados algunos grados por encima del horizonte.

## 2.2 Radares a bordo de barcos

### 2.2.1 Funcionamiento en barcos

En el Cuadro 1 se describen dos tipos representativos de radares a bordo de barcos que funcionan en la banda de 3,4-3,65 GHz, denominados sistema de barco A y sistema de barco B. El sistema A se utiliza como sistema primario de control del tráfico aéreo comercial (CATC, *carrier air traffic control*). El sistema B es un radar multifuncional instalado a bordo de naves de escolta. Las zonas de funcionamiento de estos radares de barco están en litorales y en alta mar. Estos radares funcionan normalmente durante las 24 h del día. Cuando realizan funciones de escolta de otros barcos, no es extraño encontrar hasta 10 de estos radares funcionando simultáneamente. Además de los sistemas a bordo de barcos, existen sistemas fijos en tierra que se utilizan para entrenamiento y pruebas. Además, las tareas de mantenimiento y comprobación de rutina obligan a explotar estos radares ocasionalmente en ciertas zonas portuarias. Los barcos equipados con el sistema A van acompañados casi siempre por un barco equipado con sistema B como mínimo.

### 2.2.2 Transmisor

El sistema A transmite en la banda de 3 500-3 700 MHz con una potencia de cresta de 850 kW. El sistema B transmite en la banda de 3 100-3 500 MHz con una potencia de cresta de 4 MW y utiliza una combinación de modulación de fase y de saltos de frecuencia. Las emisiones cambian de frecuencia en más de 10 bandas, de 40 MHz de anchura cada una, denominadas banda 1 a banda 10. La secuencia de anchuras de impulso variables es aleatoria.

### 2.2.3 Receptor

Los receptores del sistema A se describen en el Cuadro 1 y tienen las características habituales de los sistemas de control del tráfico aéreo para reducción de objetivo falso de ecos parásitos, indicación de blancos móviles, selección de corto/largo alcance y alimentación de vídeo para la pantalla; su gama de sintonía es la misma que la del transmisor. El receptor del sistema B funciona en la banda 3 100-3 500 MHz. No se dispone de las características del receptor, pero se supone que se trata de receptores modernos que requieren bastante ganancia en procesamiento para detectar objetos múltiples y variados en zonas extensas, en condiciones de ecos intensos y de meteorología adversa.

### 2.2.4 Antena

El sistema A utiliza una antena de reflector de rotación mecánica con una anchura de haz en acimut de 1,5° y un haz en forma de abanico en elevación de 5,8° a 45° con una ganancia de haz principal de 32 dBi. La altura nominal de la antena es de 46 m sobre el nivel medio del mar. El sistema B utiliza cuatro sistemas de antena planos de elementos radiantes en fase orientados electrónicamente para proporcionar una cobertura de 360° con una ganancia de haz principal de 42 dBi. La altura nominal de la antena del radar B es de 20 m sobre el nivel medio del mar.

### 2.3 Radar a bordo de aeronaves

Los radares a bordo de aeronaves que se encuentran en esta banda aprovechan las propiedades del espectro en esta longitud de onda para funciones de vigilancia, seguimiento del blanco y control del tráfico aéreo en zonas amplias. Las características espectrales para los radares típicos a bordo de aeronaves que funcionan en esta banda se describen en el Cuadro 1. Este sistema consiste en un radar multifuncional de elementos radiantes en fase que se instala en aeronaves de vigilancia pertenecientes a una serie de administraciones. La antena de este sistema es un sistema amplio de elementos radiantes de guíawonda ranurados montada encima del fuselaje. Da 40 dBi de ganancia de haz principal y se ha estimado su ganancia de lóbulo lateral en  $-10$  dBi. Las aeronaves que llevan estos radares pueden llevar a cabo operaciones a nivel mundial. Además de sus funciones de vigilancia aérea y de control del tráfico aéreo pueden también incorporar un modo de vigilancia marítima. Este sistema de aeronave funciona normalmente a unos 9 000 m de altitud y puede mantenerse en funcionamiento hasta 12 h seguidas, dependiendo de la disponibilidad de tripulación. En algunas situaciones se mantiene una vigilancia constante durante 24 h al día gracias al repostaje.

## 3 Criterios de protección

El efecto de desensibilización en los radares de radiodeterminación procedente de otros servicios con señal de onda continua o modulación de tipo ruido se relaciona predeciblemente con su intensidad. En todo sector acimutal del que llegue dicha interferencia, su densidad espectral de potencia puede simplemente añadirse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor radar, en una aproximación razonable. Si se denomina  $N_0$  a la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor radar en ausencia de interferencia e  $I_0$  a la interferencia de tipo ruido, la densidad espectral de potencia de ruido efectiva resultante es simplemente la suma  $I_0 + N_0$ . Un aumento de 1 dB aproximadamente constituye una degradación significativa, equivalente a una reducción del alcance de detección del 6% aproximadamente. Un aumento de este tipo corresponde a una relación  $(I + N)/N$  de 1,26 o a una relación  $I/N$  de  $-6$  dB, aproximadamente. Esto representa el efecto acumulado de múltiples fuentes de interferencia presentes; la relación  $I/N$  admisible para una fuente interferente individual depende del número de fuentes de interferencia y de su geometría, y se ha de evaluar a lo largo del análisis de una situación determinada. Si se recibiese interferencia de onda continua de la mayoría de las direcciones acimutales, habría que mantener una relación  $I/N$  inferior.

El factor de acumulación puede ser muy sustancial en el caso de ciertos sistemas de comunicaciones en los que puede instalarse un gran número de estaciones.

El efecto de la interferencia impulsiva es más difícil de cuantificar y depende fuertemente del diseño de los receptores y el procesador, así como del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias del procesamiento diferenciales para retornos de blanco válidos que son sincros con los impulsos, y los impulsos de interferencia que generalmente son asíncros, suelen tener efectos importantes en la repercusión de los niveles determinados de interferencia impulsiva. Este tipo de desensibilización puede dar lugar a diversas formas distintas de degradación de la calidad. La evaluación de éstas será un objetivo de los análisis de interacciones entre tipos específicos de radares. En general, cabe esperar que las numerosas características de los radares de radiodeterminación contribuyan a suprimir la interferencia impulsiva de ciclo de trabajo pequeño, especialmente la procedente de algunas fuentes aisladas. Las técnicas para suprimir la interferencia impulsiva con ciclo de trabajo corto figuran en la Recomendación UIT-R M.1372.

---