

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2013
(01/2012)

Características técnicas de los sistemas de radionavegación aeronáutica no OACI que funcionan en torno a 1 GHz y criterios de protección de los mismos

Serie M

Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2012

© UIT 2012

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.2013

Características técnicas de los sistemas de radionavegación aeronáutica no OACI que funcionan en torno a 1 GHz y criterios de protección de los mismos

(2012)

Cometido

En esta Recomendación se describen las características técnicas y los criterios de protección de los sistemas del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) que no están sujetos a las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y que funcionan en torno a 1 GHz para su utilización en estudios de compatibilidad. Se abordan los sistemas SRNA no OACI que funcionan en los países mencionados en el número 5.312 del RR y los sistemas de navegación táctica aérea (TACAN).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el sistema de navegación táctica aérea (TACAN) es un sistema de radionavegación aeronáutica utilizado a escala nacional en la banda de frecuencias 960-1 215 MHz;
- b) que el sistema TACAN se emplea tanto en aeronaves civiles como militares;
- c) que en la aviación civil el sistema TACAN equivale, desde un punto de vista funcional, al equipo de medición de distancia (DME) normalizado de la OACI;
- d) que el sistema TACAN incorpora más funciones que el DME, entre ellas, la de información de marcación;
- e) que esas funciones adicionales se traducen en características técnicas distintas de las de los DME, que cabría tener en cuenta en los futuros estudios de compatibilidad;
- f) que la utilización del TACAN comprende también aplicaciones a bordo de barcos y en vuelo,

observando

- a) que, de conformidad con la Resolución 417 (CMR-07), ha de darse prioridad al SRNA en la banda de frecuencias 960-1 164 MHz;
- b) que los estudios del UIT-R han demostrado que tras la introducción del servicio móvil aeronáutico (en ruta) (SMA(R)) en la banda de frecuencias 960-1 164 MHz, es necesario llevar a cabo nuevos estudios pormenorizados de compatibilidad, específicos del emplazamiento, entre los sistemas TACAN y SMA(R),

recomienda

que para los estudios de compatibilidad se utilicen las características y los criterios de protección recogidos en los anexos.

Anexo 1

Sistema de navegación táctica aérea

El sistema de radionavegación aeronáutica TACAN se utiliza en el ámbito nacional entre 960 y 1 215 MHz. Consta de un interrogador a bordo de una aeronave y de una radiobaliza que le responde. En la mayoría de los casos, las radiobalizas TACAN son fijas y están instaladas en tierra, si bien se utilizan asimismo radiobalizas móviles marítimas y aeronáuticas. Dependiendo de la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) generada y del diseño del interrogador pueden lograrse alcances oblicuos de hasta 400 millas náuticas (740 km), aunque en la práctica ese alcance se ve limitado a la máxima distancia de visibilidad directa radioeléctrica (RLOS). La unidad a bordo de la aeronave transmite periódicamente a las instalaciones (radiobalizas) en tierra pares de impulsos, denominados impulsos de interrogación. Los impulsos TACAN tienen una anchura de $3.5 \mu\text{s}$ en los puntos situados a media amplitud. La separación entre un par de impulsos de interrogación es de $12 \mu\text{s}$ (canal X) ó $36 \mu\text{s}$ (canal Y). La estación en tierra, tras recibir un par de impulsos de interrogación, medirá la forma y la separación de los impulsos. Si los valores obtenidos están dentro de los límites aceptados transmitirá una respuesta con un retardo fijo y un desplazamiento de frecuencia de $\pm 63 \text{ MHz}$ con respecto a la frecuencia de interrogación, dependiendo del canal escogido en el código del impulso. La separación de los impulsos de respuesta de la radiobaliza es de $12 \mu\text{s}$ (canal X) y $30 \mu\text{s}$ (canal Y). Tras recibir la respuesta, el interrogador calculará la distancia oblicua instantánea a la radiobaliza a partir del tiempo transcurrido entre la transmisión de la interrogación y la recepción de los pares de impulsos de respuesta.

La radiobaliza transmitirá muchas respuestas, dado que será interrogada por un gran número de aeronaves. Cada interrogador genera un patrón único variante, dentro de ciertos límites, el intervalo de tiempo entre los pares de impulsos para evitar la generación de respuestas síncronas. Gracias a este principio, cada plataforma es capaz de reconocer entre todos los pares de impulsos las respuestas iniciadas por su propio interrogador.

Las radiobalizas TACAN transmiten un código Morse identificativo. El tono de identificación se utiliza en los interrogadores a bordo de las aeronaves para verificar si la lectura de la distancia ha sido realizada por la radiobaliza apropiada. Además de las respuestas de los impulsos, la adecuada recepción del tono de identificación es asimismo una condición importante para el buen funcionamiento de los interrogadores TACAN.

Además de las mediciones de distancia, el sistema TACAN también proporciona información relativa a la marcación de acimut. La información de marcación se facilita modulando en amplitud los impulsos transmitidos por la radiobaliza en tierra. Esa modulación de impulsos en amplitud (MIA) se lleva a cabo mediante una antena de la radiobaliza que efectúa un barrido mecánico o electrónico. La variación del diagrama de radiación en acimut en forma de lóbulos de antena de 15 Hz y 135 Hz con un índice de modulación máxima disponible del 55% reducirá el nivel de la señal de los impulsos de respuesta hasta en 10,7 dB por debajo del nivel máximo de p.i.r.e de los impulsos sin MIA. Para que el interrogador pueda decodificar la orientación del diagrama de radiación de la antena con respecto a la referencia norte de la MIA, la radiobaliza transmite 900 pares de impulsos adicionales consistentes en un grupo de impulsos con referencia norte (NRPG) y varios grupos de impulsos de referencia precisa (RPG). Con objeto de obtener información de marcación precisa y poder responder, como mínimo, a 100 aeronaves con una eficiencia de respuesta del 70%, ha de transmitirse un número constante de 3 600 pares de impulsos, como mínimo.

El sistema TACAN se utiliza para la navegación aeronáutica en aeronaves estatales y de aviación civil. El equipo TACAN utilizado en aviación civil es equivalente, desde un punto de vista funcional, al DME normalizado de la OACI. Las características de los sistemas TACAN figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Características típicas de las estaciones TACAN

Objetivo	Unidades	Sistemas de radiocomunicaciones para la navegación aérea (960-1 215 MHz)				
		Tierra-aeronave	Aeronave-Tierra	Tierra-aeronave marítimo	Aeronave-Tierra marítimo	Aeronave –aeronave
Sentido de la transmisión radioeléctrica						
Gama de frecuencias de funcionamiento	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Alcance (limitado a la RLOS)	(km)	hasta 600	hasta 600	hasta 600	hasta 600	hasta 740
Información transmitida		Señales respuesta de distancia y marcación, Información identificativa	Señal de petición de distancia y marcación	Señales respuesta de distancia y marcación, Identificación	Señal de petición de distancia y marcación	Señales respuesta de distancia y marcación, Identificación
Características del transmisor						
Nombre de la estación		Radiobaliza	Interrogador	Radiobaliza	Interrogador	Radiobaliza
Altura sobre el suelo	(m)	3 (10 pies)	hasta 18 288 (60 000 pies)	3 (10 pies)	hasta 18 288 (60 000 pies)	hasta 18 288 (60 000 pies)
Tipo de señal		En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos
Separación de canal	(MHz)	1	1	1	1	1
Tipo de modulación		Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos	Forma del impulso y separación del par de impulsos
Potencial del transmisor (en régimen de impulsos)	(dBW)	39 (máx.)	33 (máx.)	39 (máx.)	33 (máx.)	33 (máx.)
Longitud del impulso	(μ s)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)	3,5 \pm 0,5 (50% de amplitud)
Ciclo de trabajo típico	(%)	2,52	0,105	2,52	0,105	0,735

CUADRO 1

Objetivo	Unidades	Sistemas de radiocomunicaciones para la navegación aérea (960-1 215 MHz)				
		Agrupación circular	Omnidireccional	Agrupación circular	Omnidireccional	Agrupación circular
Tipo de antena						
Ganancia de antena típica	dBi	6	0	6	0	6
Características del receptor						
Estación receptora		Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra de aeropuerto y en ruta	Estaciones a bordo de aeronave	Estación marítima	Estación a bordo de aeronave
Gama de frecuencias de funcionamiento	(MHz)	962-1 213	1 025-1 150	962-977	1 025-1 088	1 025-1 151
Altura sobre el suelo	(m)	hasta 20 880 (60 000 pies)	3 (10 pies)	hasta 20 880 (60 000 pies)	3 (10 pies)	hasta 20 880 (60 000 pies)
Anchura de banda del receptor de 3 dB	(MHz)	2	2-4,5	2	2-4,5	2-4,5
Ganancia máx./mín. de antena	(dBi)	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0	9,1/4,1	5,4/0
Polarización		Vertical	Vertical	Vertical	Vertical	Vertical
Sensibilidad del receptor	(dBW)	-122	-122	-122	-122	-122
Nivel máximo de interferencia aceptable basado en la potencia recibida	(dBW)	-129	-130	-129	-130	-129

NOTA – Las relaciones de protección que figuran en el Cuadro 1 corresponden a señales sin régimen de impulsos. En el caso de las señales en régimen de impulsos es necesario efectuar estudios adicionales. A este respecto, las señales cuya duración de impulso supera los 50 μ s se consideran señales sin régimen de impulsos o continuas.

NOTA – La ganancia de la antena a bordo de la aeronave se basa en lo dispuesto en la UIT-R M.1642-1.

NOTA – Las mediciones efectuadas en algunos dispositivos TACAN demostraron que la sensibilidad de los sistemas TACAN con respecto a los valores de la distancia y los ángulos sólo varía en 3 dB en el caso de los receptores del interrogador TACAN (-90 dBm para la distancia y -87 dBm para la medición angular).

Varias administraciones han instalado un gran número de equipos TACAN, tanto estaciones en tierra (radiobalizas) como estaciones a bordo de aeronaves (interrogadores). Las características técnicas reales de cada equipo varían según el tipo. Un factor importante que determina el efecto de la interferencia es la curva de selectividad del receptor. En la Figura 1 se muestran las curvas de selectividad del receptor para cinco tipos de interrogadores TACAN. Puede apreciarse la gran variación de selectividad entre cada tipo de receptor TACAN. En los estudios de compatibilidad deberían tenerse en cuenta todos los tipos de interrogadores TACAN para garantizar la protección suficiente de esta aplicación del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA), incluida la función de determinación de distancia y acimut.

La Figura 2 muestra la curva de selectividad de un receptor para una radiobaliza TACAN típica. Su selectividad es inferior a la de los receptores de los interrogadores TACAN.

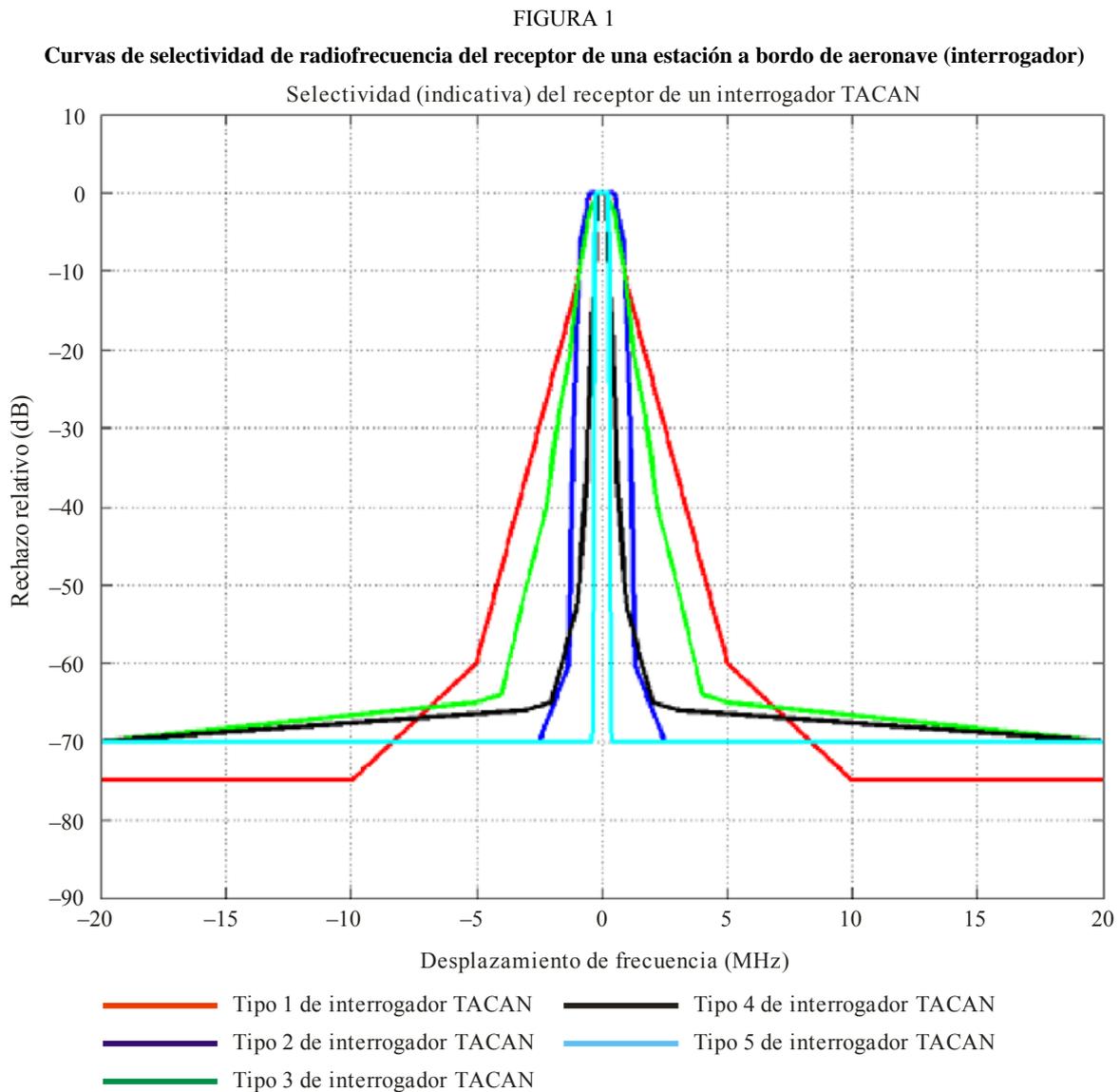
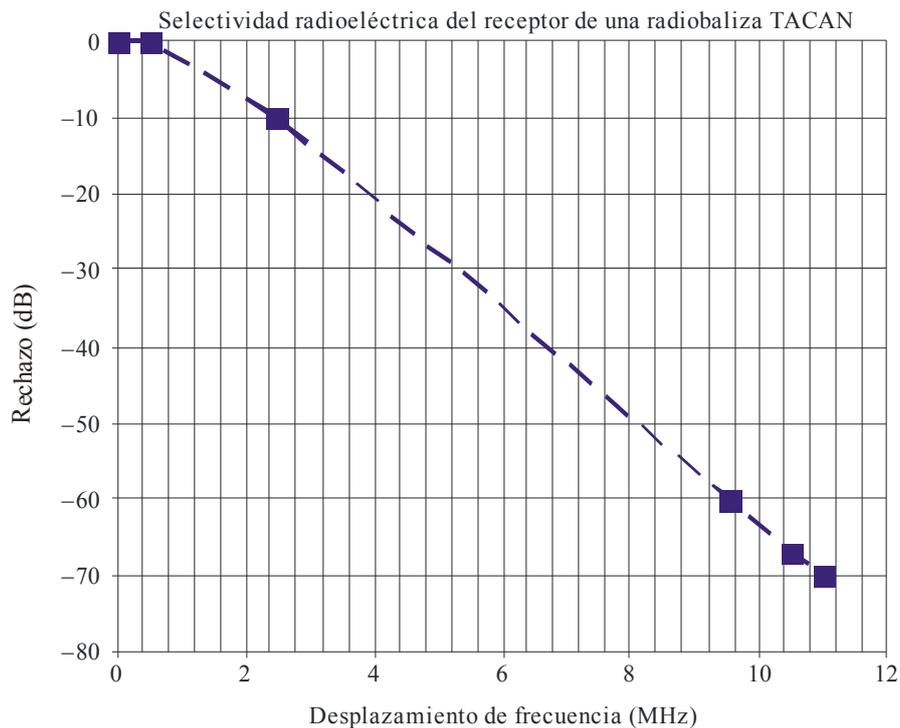


FIGURA 2

Curvas de selectividad de radiofrecuencia del receptor de una estación en tierra (radiobaliza)



F.5-1007-02

Anexo 2

Sistemas no OACI de radionavegación aeronáutica en funcionamiento en los países mencionados en el número 5.312 del RR

Los países mencionados explícitamente en el número 5.312 del RR utilizan los siguientes tipos de sistemas de radionavegación aeronáutica:

- Tipo 1: los sistemas SRNA de este tipo son los sistemas de radiogoniometría y determinación de distancia. Estos sistemas están diseñados para calcular el acimut y la distancia oblicua de una aeronave, así como para la vigilancia de zona y navegación entre aeronaves. Constan de estaciones a bordo de aeronaves y de estaciones en tierra. Las estaciones a bordo de aeronaves generan señales de petición que se transmiten mediante antenas omnidireccionales y se reciben en estaciones en tierra del SRNA, que funcionan también en modo omnidireccional. Las estaciones en tierra generan y transmiten señales de respuesta que contienen datos de acimut/distancia. Esas señales se reciben y decodifican en estaciones del SRNA a bordo de aeronaves. Las estaciones del primer tipo transmiten las señales de petición de datos sobre acimut/distancia fuera de la banda de frecuencias 960-1 164 MHz. Tras recibir una señal de petición, las estaciones en tierra del SRNA utilizan la banda de frecuencias 960-1 164 MHz únicamente para transmitir la información de distancia que ha de recibirse en las estaciones SRNA a bordo de aeronaves. Por lo tanto, los sistemas ARNS del primer tipo utilizan la banda de frecuencias 960-1 164 MHz únicamente para transmitir las señales en sentido tierra-aire. El alcance máximo de los sistemas ARNS

del primer tipo es de 400 km. Está previsto que se interrumpa la utilización de los SRNA de tipo 1 anteriormente mencionados en algunos países citados en el número 5.312 del RR.

- Tipo 2: comprende sistemas SRNA de radiogoniometría y determinación de distancia, concebidos para los mismos objetivos que los sistemas SRNA del primer tipo. La diferencia fundamental con respecto a las estaciones de este segundo tipo de sistemas es que las señales de petición son transmitidas por las estaciones a bordo de aeronaves en la misma banda de frecuencias que la de las señales transmitidas desde las estaciones en tierra. Además, las estaciones SRNA en tierra de este tipo pueden funcionar tanto en modo direccional como en modo omnidireccional. El modo direccional proporciona un mayor número de canales operacionales a las estaciones del SRNA. La distancia máxima de funcionamiento del primer tipo de sistemas SRNA es de 400 km. Se prevé utilizar toda la banda de frecuencias 960–1 164 MHz atribuida al SRNA en aras de una utilización más flexible del segundo tipo de sistemas SRNA. La aplicación del filtro de sintonización de banda ancha en la parte frontal del receptor SRNA constituye una peculiaridad de diseño del segundo tipo de sistemas SRNA, que obedece a la necesidad de recibir varias señales simultáneamente a través de diversos canales. La anchura de banda de 3 dB de ese filtro es de 22 MHz y permite recibir simultáneamente 5 canales, como máximo, entre 30 canales superpuestos de 4,3 MHz cada uno. La utilización simultánea del filtro de banda ancha y del correlador permite medir con mayor precisión los datos de posición de la aeronave y aumentar la relación portadora/ruido en la parte frontal del receptor. Este segundo tipo de sistemas SRNA sólo puede emplearse en algunos países mencionados en el número 5.312 del RR.
- Tipo 3: los sistemas SRNA de este tipo se utilizan en las etapas de vuelo de aproximación y aterrizaje. Proporcionan funciones de control de rumbo, distancia y radioalineación de descenso en las citadas etapas de vuelo. Las estaciones en tierra de este tercer tipo de SRNA funcionan tanto en modo direccional como en modo omnidireccional. El alcance de este tipo de sistemas SRNA es inferior a los 60 km. La banda de frecuencias 960-1 164 MHz se utiliza para el funcionamiento de los canales de control de la radioalineación de descenso y la distancia entre estaciones del SRNA a bordo de aeronaves y estaciones en tierra. Este tercer tipo de sistemas SRNA sólo puede emplearse en algunos países mencionados en el número 5.312 del RR.

En el Cuadro 2 que sigue a continuación figura una breve descripción técnica de las estaciones del SRNA.

Las estaciones de los sistemas no OACI que utilizan enlaces aire-tierra y tierra-aire constan de receptores y transmisores en tierra y a bordo de aeronaves.

CUADRO 2

Características típicas de las estaciones del SRNA que funcionan en los países mencionados en el número 5.312 del RR

Características del sistema SRNA		Tipo 1	Tipo 2		Tipo 3	
Objetivo	Unidades	Radiosistemas de navegación de corto alcance	Radiosistemas de navegación de corto alcance		Radiosistemas de aproximación y aterrizaje	
Gama de frecuencias de funcionamiento		960-1 000,5	960-1 164			
Sentido de la transmisión radioeléctrica	(MHz)	«Tierra-aeronave»	«Tierra-aeronave»	«aeronave-Tierra»	«Tierra-aeronave»	«aeronave-Tierra»
Gama de funcionamiento		hasta 400	hasta 400	hasta 400	hasta 45	hasta 45
Información transmitida	(km)	Transmisión de señales acimutales, señales de respuesta sobre distancia y petición de indicación	Transmisión de señales acimutales, señales de respuesta sobre distancia y petición de indicación	Transmisión de señales de petición de distancia y señales de respuesta sobre indicación	Transmisión de señales en la radioalineación de descenso, canales de rumbo y señales de respuesta sobre distancia	Transmisión de la petición de distancia
Características del transmisor						
Nombre de la estación		Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra en aeropuerto	Estación a bordo de aeronave
Clase de transmisión		700KPXX	4M30P1N	4M30P1D	700KP0X; 4M30P1N	700KP0X; 4M30P1N
Separación de canal	(MHz)	0,7	0,7	0,7	0,7	2
Tipo de modulación		En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos	En régimen de impulsos
Potencia del transmisor (en régimen de impulsos)	(dBW)	20-45	29-39	27-33	3-30	5-33
Ciclo de trabajo	(%)	0,018; 0,066	0,064 – 0,3	0,00765	0,04; 0,025	0,009
Potencia media a la salida (mín./máx.)	(dBW)	7,6 / 13,2	7,1/13,8	-8,2	-4/-6	-7,5
Longitud del impulso	(µs)	1,5; 5,5	1,25; 1,5; 5,5	1,5	1,7	1,7

CUADRO 2

Características del sistema SRNA		Tipo 1	Tipo 2		Tipo 3	
Objetivo	Unidades	Radiosistemas de navegación de corto alcance	Radiosistemas de navegación de corto alcance		Radiosistemas de aproximación y aterrizaje	
Tipo de antena		omnidireccional	en agrupación	omnidireccional	en agrupación	omnidireccional
Ganancia máx./mín. de antena	(dBi)	6/0	15,6	3/-10	10/0	1,5/-3
Altura sobre el suelo	(m)	10	10	hasta 12 000	10	hasta 12 000
Características del receptor						
Estación receptora		Estación a bordo de aeronave	Estación a bordo de aeronave	Estaciones en tierra en aeropuerto y de trayecto en ruta	Estación a bordo de aeronave	Estación en tierra de aeropuerto
Estación en tierra de aeropuerto	(m)	hasta 12 000	hasta 12 000	10	hasta 12 000	10
Anchura de banda del receptor de 3 dB	(MHz)	1,5	22	22	7	7
Temperatura de ruido del receptor, K	(K)	400	1 060	550	400	400
Ganancia máx./mín. de antena	(dBi)	1,5/-3	3/-10	14	1,5/-3	10/0
Polarización		horizontal	horizontal	horizontal	horizontal	horizontal
Sensibilidad del receptor	(dBW)	-120	-118	-125	-110...-120	-113
Relación de protección portadora/ruido	(dB)	25	17	20	25	25

NOTA – Las relaciones de protección que figuran en el Cuadro 2 corresponden a señales distintas a impulsos. En el caso de las señales en régimen de impulsos es necesario efectuar estudios adicionales. A este respecto, las señales cuya duración de impulso supera los 50 µs se consideran señales sin impulsos o continuas.