

RECOMENDACIÓN UIT-R M.628-4*

**Características técnicas de los transpondedores
de radar de búsqueda y salvamento**

(Cuestiones UIT-R 28/8 y UIT-R 45/8)

(1986-1990-1992-1994-2006)

Cometido

Esta Recomendación contiene las características técnicas de los transpondedores de radar de búsqueda y salvamento (SART), que se utilizan para localizar en el mar barcos o embarcaciones de salvamento en situación de socorro.

Los barcos o las embarcaciones de salvamento pueden utilizar SART para indicar que están en situación de socorro. Los radares que funcionan en la banda de frecuencias de 9 GHz pueden detectar los SART.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las Disposiciones III/6.22 y IV/7.1.3 de las modificaciones de 1988 del Convenio de Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS) de 1974 exigen el transporte de transpondedores de radar que funcionen en la banda de frecuencias de 9 GHz para la localización de los barcos en situación de socorro en el mar o de sus embarcaciones de supervivencia;
- b) que dichos transpondedores de radar pueden ser también utilizados por barcos no sujetos al Convenio SOLAS de 1974; algunos de estos transpondedores de radar pueden tener un dispositivo para liberación en flotación libre y activación o estar instalados con una RLS de flotación libre o una RLS de satélite de flotación libre;
- c) que las Disposiciones V/12 de las modificaciones de 2000 al Convenio SOLAS de 1974 exigen que los barcos de pasajeros, con independencia de su tamaño, y los barcos de carga de 300 toneladas de registro bruto en adelante, lleven una instalación de radar; o si son de 5 000 toneladas de registro bruto en adelante, dos instalaciones de radar; a partir del 1 de febrero de 1995, la instalación de radar, o al menos una de ellas, deberá poder funcionar en la banda de frecuencias de 9 GHz;
- d) que la Organización Marítima Internacional (OMI) ha adoptado una recomendación sobre normas de comportamiento para los transpondedores de radar de las embarcaciones de salvamento que se utilizan en las operaciones de búsqueda y salvamento (Resolución A.802(19));
- e) que la localización forma parte de los requisitos básicos del SMSSM;
- f) que un sistema de localización sería más eficaz de haber conformidad entre el transpondedor de radar y las características técnicas y operacionales aprobadas internacionalmente,

* Se ruega al Director de la Oficina de Radiocomunicaciones que señale esta Recomendación a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), de la Comisión Electrónica Internacional (CEI) y de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA).

recomienda

- 1 que las características técnicas de los transpondedores de radar (SART) que funcionan en la gama de frecuencias 9 200-9 500 MHz para búsqueda y salvamento sean las señaladas en el anexo 1;
- 2 que la distancia de detección máxima de un transpondedor de radar de búsqueda y salvamento (SART, *search and rescue radar transponder*) con las características técnicas descritas en el Anexo 1, y cuyo radar se ajusta a la Resolución MSC.192(79) de la OMI, se evalúe mediante sus características técnicas medidas y con el método teórico que aparece en el Anexo 2.
- 3 que las Notas 1 y 2 formen parte de esta Recomendación.

NOTA 1 – En el Anexo 3 se explican las pérdidas de propagación de una señal SART causadas por una embarcación de salvamento y sus ocupantes.

NOTA 2 – En el Anexo 4 se describen las características técnicas de los SART con polarización circular.

Anexo 1

Características técnicas de los transpondedores de radar de búsqueda y salvamento que funcionan en la banda de 9 200-9 500 MHz

- 1 Frecuencia: 9 200-9 500 MHz.
- 2 Polarización: horizontal o circular.
- 3 Velocidad de barrido: 5 μ s por 200 MHz nominal.
- 4 La señal de respuesta estará compuesta por 12 barridos.
- 5 Forma de barrido: diente de sierra,
duración del frente anterior 7,5 μ s \pm 1 μ s,
duración del frente posterior 0,4 μ s \pm 0,1 μ s.
La respuesta debe comenzar con un frente posterior.
- 6 Emisión de impulsos: 100 μ s, nominal.
- 7 p.i.r.e.: no inferior a 400 mW (equivalente a + 26 dBm).
- 8 Sensibilidad efectiva del receptor: mejor que -50 dBm (equivalente a 0,1 mW/m²) (véase la Nota 1).
- 9 Duración de funcionamiento: 96 h en condición de reserva y, además, tras el periodo de reserva, proporcionar transmisiones de transpondedor durante 8 h cuando sea interrogado ininterrumpidamente con una frecuencia de repetición de impulsos de 1 kHz.
- 10 Gama de temperaturas: ambiente: -20 °C a + 55 °C,
en estiba: -30 °C a + 65 °C.
- 11 Tiempo de recuperación después de la excitación: 10 μ s o menos.
- 12 Altura efectiva de la antena: \geq 1 m (véase la Nota 2).
- 13 Retardo entre la recepción de la señal de radar y el comienzo de la transmisión: 0,5 μ s o menos.

- 14 Abertura angular en elevación de la antena: como mínimo $\pm 12,5^\circ$ en relación con el plano horizontal de los transpondedores de radar.
- 15 Abertura angular acimutal de la antena: omnidireccional con un margen de variación de ± 2 dB.

NOTA 1 – La sensibilidad efectiva del receptor comprende la ganancia de la antena.

- La sensibilidad efectiva del receptor mejor que -50 dBm se aplica a los impulsos de radar de interrogación (medios y largos) de > 400 ns.
- La sensibilidad efectiva del receptor mejor que -37 dBm se aplica a los impulsos de radar de interrogación (cortos) de ≤ 100 ns.
- El receptor debe funcionar correctamente al estar expuesto al campo (28 dB(W/m²)) radiado por un radar a bordo de un barco que se ajusta a la Resolución MSC.192(79) de la OMI situado a cualquier distancia > 20 m.

NOTA 2 – Esta altura efectiva de la antena es aplicable al equipo al que se refieren las Disposiciones III/6.2.2 y IV/7.1.3 de las modificaciones de 1988 del Convenio SOLAS de 1974.

Anexo 2

La distancia de detección máxima de un SART cuyas p.i.r.e. y sensibilidad efectiva del receptor están dadas o medidas, cuando se utiliza con un radar que se ajusta a la Resolución MSC.192(79) de la OMI, puede evaluarse mediante la Fig. 1.

Los parámetros esenciales del radar son:

- potencia del transmisor: 25 kW,
- ganancia de antena: 30 dBi,
- altura de la antena: 15 m,
- sensibilidad del receptor: -94 dBm.

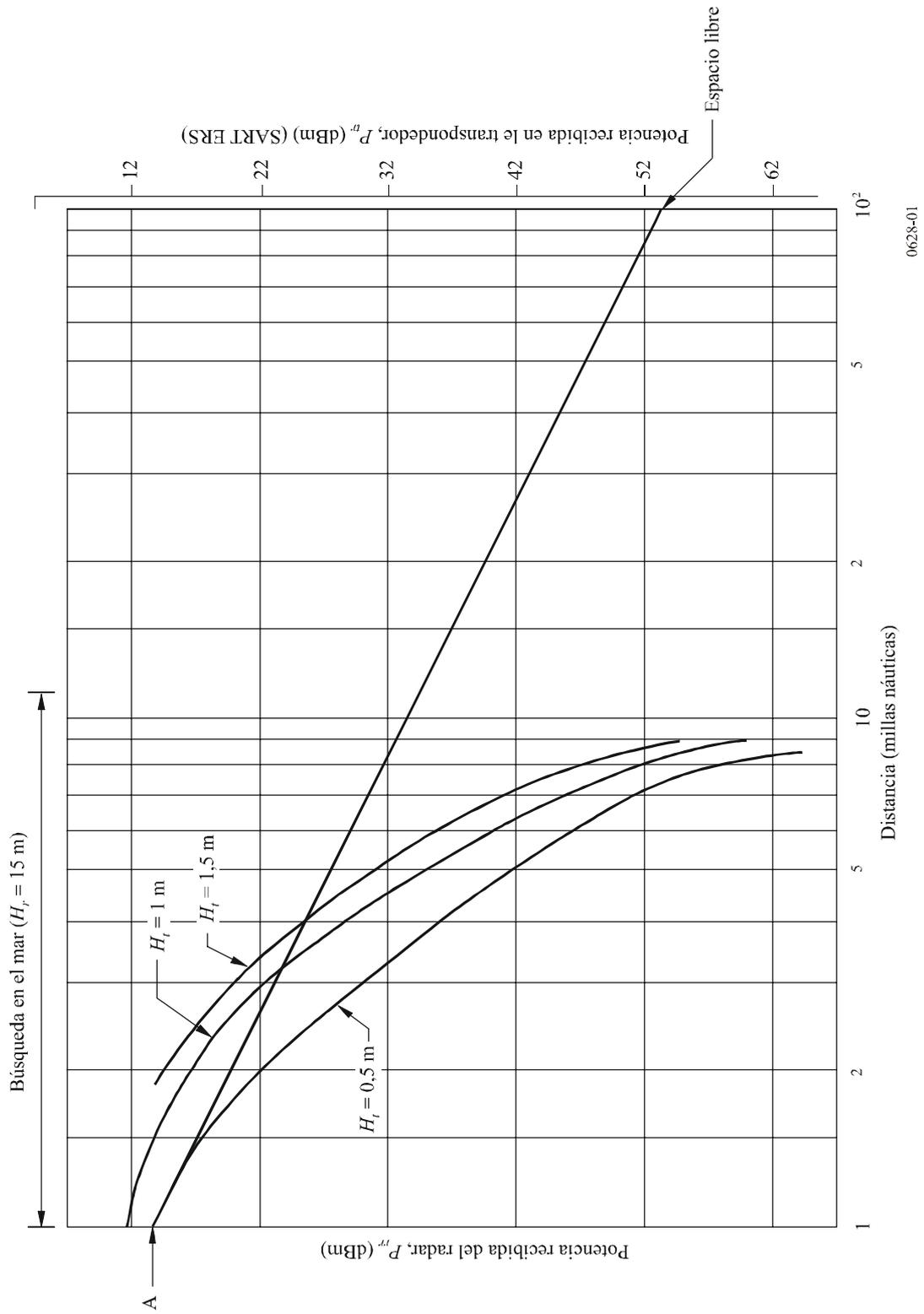
En la Fig. 1 se muestran las curvas de propagación de dispositivos SART de una altura de 0,5 m, 1 m y 1,5 m en un mar bastante calmado (altura de las olas: 0,3 m). En aguas más agitadas, el coeficiente de reflexión del mar se reduce y las curvas de propagación se desplazan hacia atrás en dirección de la línea del espacio libre según la refracción atmosférica. Para un SART de una altura de 1 m, la distancia de detección máxima es de al menos 5 millas náuticas (MN).

La Fig. 1 se utilizará así:

- se calcula la potencia recibida del radar (P_r) a la distancia de 1 mn mediante la fórmula:

$$P_r = \text{p.i.r.e. del SART} \times \text{ganancia de la antena del radar} \times (\lambda/4 \pi R)^2$$
 siendo P_r (dBm) = p.i.r.e. SART (dBm) – 87 dB.
- se pone la P_r calculada en el punto A de la escala de potencia recibida del radar, y se completa la escala (10 dB por división);
- se pone la sensibilidad efectiva del receptor (ERS, *effective receiver sensitivity*) en la escala de potencia recibida del transpondedor, y se lee la intersección con la curva de propagación correspondiente a ese nivel para obtener la distancia de detección máxima entre el radar y el SART;
- se toma el nivel de -94 dBm de la escala de potencia recibida del radar, y se lee en el punto de intersección con la curva de propagación adecuada en ese nivel para obtener la distancia de detección máxima entre el SART y el radar.

FIGURA 1
Curvas de propagación para la medición de la distancia de detección máxima del SART



0628-01

El valor más pequeño de distancia de detección máxima así obtenido es la evaluación requerida de la distancia de detección máxima del SART, que deberá ser de al menos 5 MN, como lo exige la Resolución A.802(19) de la OMI.

Anexo 3

Efectos de la altura de la antena y de la obstrucción del trayecto de la señal ocasionada por una embarcación de salvamento y sus ocupantes en la distancia de detección del SART

1 Introducción

En este Anexo se analizan los efectos sobre el trayecto de propagación de las señales SART, teniendo en cuenta la altura de la antena del SART por encima de la superficie del mar, y también la atenuación causada por los materiales de la embarcación de salvamento y sus ocupantes.

2 Efecto de la altura de la antena SART sobre la distancia de detección

Esta Recomendación exige que la altura de la antena SART instalada sea de al menos 1 m por encima de la superficie del mar, para obtener la distancia de detección de 5 millas náuticas (MN) exigida por la Resolución A.802(19) de la OMI. Las pruebas prácticas han confirmado este requisito. Las pruebas efectuadas con una muestra de seis SART de fabricantes diferentes arrojaron distancias de detección entre 8,2 MN y 9,2 MN con una altura de antena de 1 m.

2.1 Las pruebas también han demostrado la importancia de mantener la altura de la antena SART en 1 m al menos. Los resultados siguientes se obtuvieron con un SART en una embarcación de salvamento:

- SART en horizontal sobre el piso: distancia 1,8 MN
- SART en vertical sobre el piso: distancia 2,5 MN
- SART flotando en el agua: distancia 2,0 MN

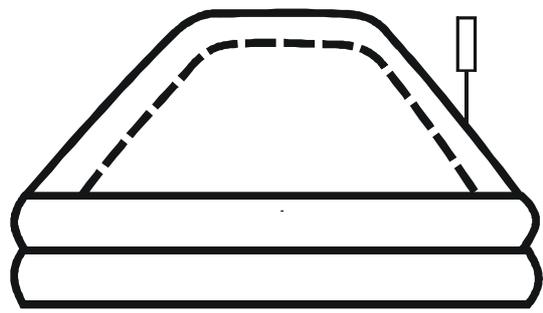
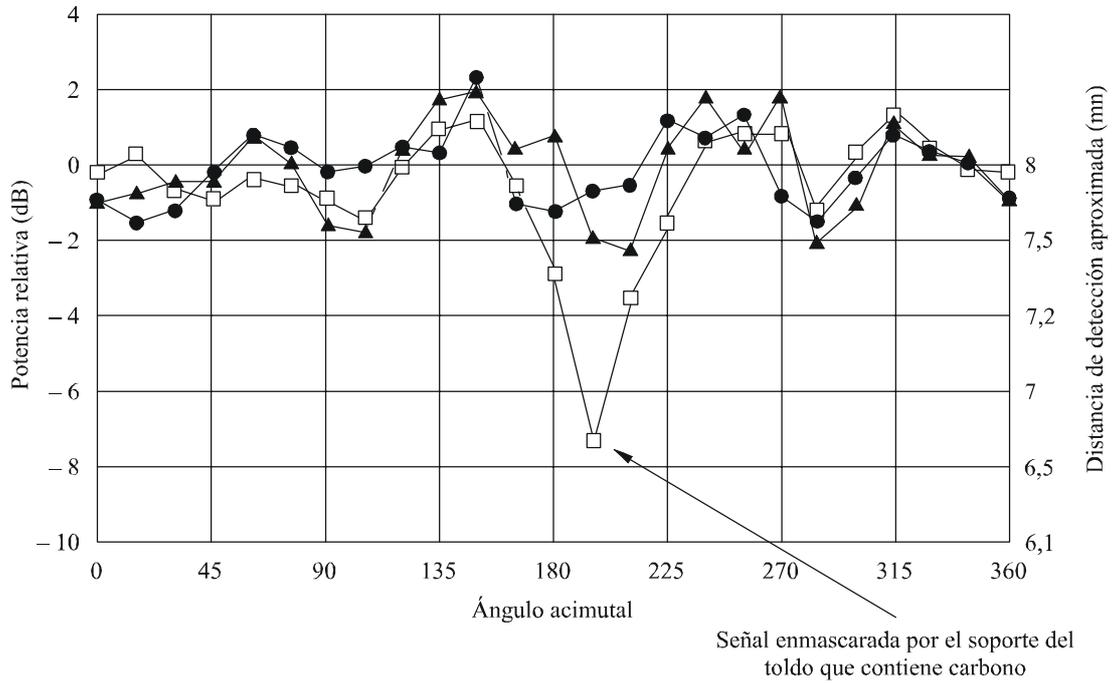
3 Efectos de la embarcación de salvamento sobre la señal SART

Se han realizado pruebas con un SART instalado en una embarcación de salvamento con una antena de 1 m de altura, para determinar si el cuerpo de la embarcación y sus ocupantes pueden causar una obstrucción.

3.1 En las Figs. 2-4 se ofrecen los resultados de esas pruebas, efectuadas con dos modelos diferentes de bote salvavidas SOLAS para ocho hombres. En cada caso, se colocó el SART en el centro de un dispositivo de rotación en un emplazamiento a campo abierto, excitándole con una señal de radar de impulsos. Cada serie de mediciones se realizó con y sin el bote y los «náufragos» presentes, manteniendo el SART en el centro del dispositivo de rotación.

3.2 La Fig. 2 muestra los resultados obtenidos con un SART instalado en un soporte telescópico adaptado a la antena de la balsa. En este caso, la antena SART estaba al nivel de la barra de soporte del toldo del bote. Uno de los botes tuvo pocas repercusiones en la señal SART, mientras que el otro (que tenía fibras de carbono en la barra del soporte) causó una disminución de la señal a lo largo de un ángulo de unos 30°.

FIGURA 2
SART instalado en un soporte

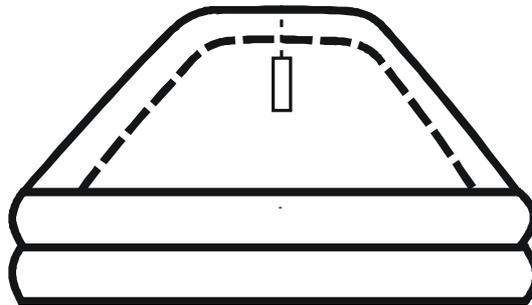
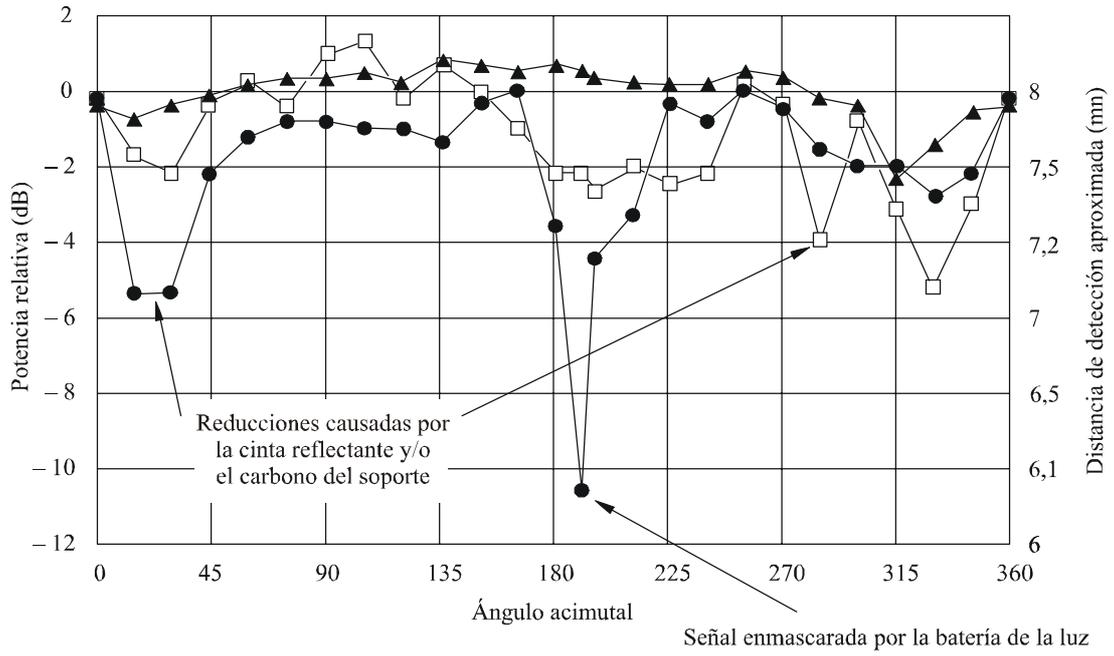


- ▲— Sólo SART
- Instalado en el bote 1
- Instalado en el bote 2

0628-02

3.3 La Fig. 3 muestra los resultados obtenidos con los mismos botes, pero con un SART que cuelga de la barra de soporte, por debajo del toldo del bote. Se observó una pérdida de señal más pequeña debida a las barras con carbono, cuando la señal sólo pasaba a través de las secciones verticales. También se observaron reducciones debidas, esta vez, a la presencia de cintas reflectantes por fuera del toldo de los botes. En un bote se produjo una reducción considerable de la señal en un ángulo muy pequeño, ocasionada por la proximidad de una batería de litio colocada en el toldo para alimentar la luz de posición de la balsa.

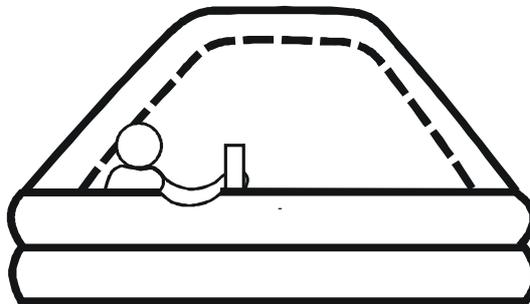
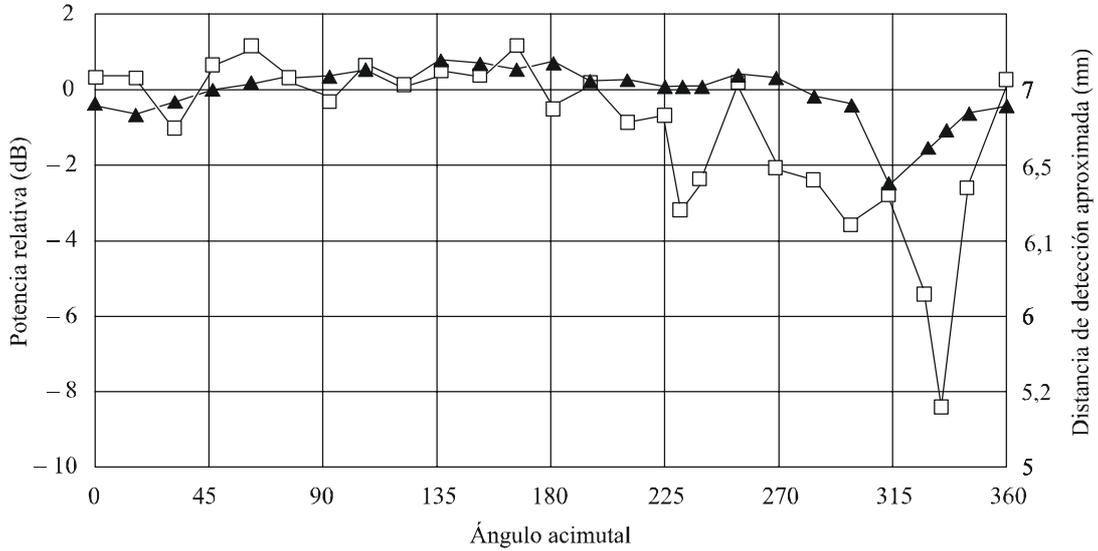
FIGURA 3
SART colgado dentro del bote



- ▲— Sólo SART
- Instalado en el bote 1
- Instalado en el bote 2

3.4 La Fig. 4 muestra el efecto de supresión causado por un náufrago que sostiene el SART con el brazo extendido. En este caso, la altura del SART es de 0,5 m.

FIGURA 4
SART sostenido en la mano



—▲— Sólo SART
—□— Sostenido en la mano en el bote 1

0628-04

3.5 En cada figura se ofrecen distancias de detección aproximadas, que se obtienen teóricamente suponiendo una distancia de detección de 8 MN para una altura de SART de 1 m, y 7 MN para una altura de 0,5 m.

3.6 Como puede verse en las figuras, la mejor calidad de funcionamiento se obtuvo con el SART instalado en una barra, en que la reducción de la distancia de detección ocasionada por el bote fue generalmente no mayor que 0,5 MN. En todos los casos, se observó una menor calidad de funcionamiento en sectores pequeños de 1,5-2,0 MN, pero en la práctica, con el bote moviéndose en el mar, ello no creará un problema operacional grave. La reducción mostrada en la Fig. 4,

ocasionada por una persona, no resultará significativa en la práctica puesto que una persona sentada en una embarcación de salvamento tendrá una altura inferior a 1 m.

3.7 Estos resultados se obtuvieron con una embarcación de salvamento ubicada en tierra en el emplazamiento de prueba. En el Cuadro 1 se ofrecen las pérdidas de propagación para el toldo y la tela de los tubos de aire utilizada en varias embarcaciones de salvamento de fabricantes diferentes. Las dos últimas pruebas se refieren a la pérdida cuando los materiales son salpicados por el agua del mar. Puede observarse que en el caso más desfavorable, la pérdida adicional correspondiente al material mojado fue de 3,35 dB, lo que equivale a una reducción de la distancia de detección de unas 0,5 MN más.

CUADRO 1

Pérdida de transmisión a través de la cubierta del bote (resultados de las mediciones)

Prueba	Muestra	Grosor (mm)	Peso (kg/m ²)	Pérdida de transmisión y pendiente del toldo (dB)			
				Pendiente			
				$\theta = 0^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 60^\circ$
1	Tela del toldo de la compañía A	0,18	0,22	0	-0,1	-0,2	0
2	Tela del tubo de aire de la compañía A	0,53	0,7	-0,05	-0,05	-0,3	-0,2
3	Tela del toldo de la compañía B	0,25	0,27	0	-0,1	-0,15	-0,05
4	Tela del tubo de aire de la compañía B	0,57	0,67	0	-0,4	-0,4	-0,45
5	Tela del toldo de la compañía C	0,26	0,3	-0,2	-0,5	-0,3	-0,4
6	Tela del tubo de aire de la compañía C	0,54	0,67	-0,6	-1,4	-1,9	-2,4
7	Salpicaduras de agua salada (4,8% NaCl) por encima de «1»	-	-	-0,35	-0,55	-0,95	-1,1
8	Salpicaduras de agua salada (4,8% NaCl) por encima de «3»	-	-	-1,3	-1,9	-2,6	-3,4

Frecuencia de las mediciones: 9,4 GHz

Tamaño de la muestra: 600 × 800 mm

4 Conclusiones

Las pruebas indicaron que los SART instalados correctamente conseguirán la distancia de detección exigida por la OMI, incluso si se tienen en cuenta los efectos de supresión de la embarcación de salvamento. No es necesario instalar el SART a más de 1 m por encima del nivel del mar, ya que el peso adicional puede causar dificultades a los naufragos al instalar la antena, pero se prevé que en el futuro se conseguirán mejores soportes de antena, que darán una mayor distancia de detección.

4.1 En las pruebas no se tuvo en cuenta el efecto de un reflector de radar sobre la calidad de funcionamiento del SART, pero cabe esperar que cause degradaciones considerables en las respuestas del SART. Se aconseja a los naufragos no instalar un SART y un reflector de radar en la misma embarcación, porque el reflector puede oscurecer el SART.

Anexo 4

Resultados de los SART con polarización circular

Introducción

La polarización horizontal se ha utilizado como método de polarización para los SART. Recientemente se han realizado experimentos en Japón que han mostrado que la polarización circular sería adecuada para los SART. A modo de prueba se fabricó un SART utilizando la polarización circular con una antena de hélice y se realizaron experimentos en tanques de agua y en el mar. Los resultados demostraron la superioridad de la polarización circular utilizada con los SART y se llegó a la conclusión de que empleando dicha polarización se podría reducir el tamaño de estos dispositivos.

1 Características de las señales de los SART en las pruebas realizadas en tanques

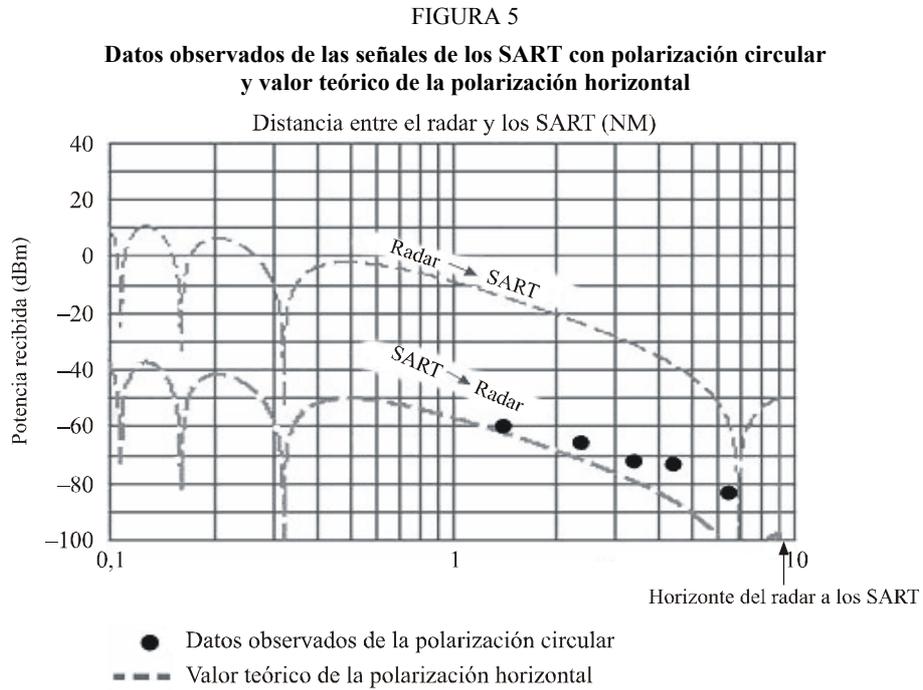
Las mediciones de la potencia recibida de las señales de los SART y las observaciones de la visibilidad de la señal recibida en el radar PPI se llevaron a cabo en un tanque de agua con olas artificiales instalado en un laboratorio de investigación en Japón. Los resultados mostraron que la polarización circular era superior a la polarización horizontal en los SART.

2 Características de las señales de los SART en las pruebas realizadas en el mar

Este experimento, que se realizó en el año 2000 en colaboración con distintos barcos y naves de las autoridades marítimas de Japón, en la bahía de Sagami, consistió en observar la visibilidad de la señal de los SART recibida en los radares colocados a bordo de barcos y aviones. Asimismo, la potencia recibida de la señal de los SART se midió por medio de un radar colocado en tierra. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Con el radar colocado en un avión, la máxima distancia visible de las señales de los SART con polarización circular era de 37 MN, mientras que con polarización horizontal era de 30 MN. Estas cifras confirman la superioridad de la polarización circular.
- Con el radar marino, la máxima distancia visible de las señales de los SART con polarización circular era de 14 MN, mientras que con polarización horizontal era de 11,5 MN. Estos resultados confirman la superioridad de la polarización circular.
- Con el radar marino colocado en tierra, se obtuvo el resultado que muestra la Fig. 5. Los SART con polarización circular se desplazaron por el mar mediante una pequeña nave escolta. Se modificó la distancia entre el radar y los SART. La potencia recibida de los SART fue medida por el radar marino colocado en tierra. En la Fig. 5, los puntos negros muestran las señales de los SART con polarización circular medidas realmente, y las líneas discontinuas muestran el valor teórico de las señales de los SART con polarización horizontal. Los datos medidos siempre superan la curva del valor teórico correspondiente a «SART a radar». La apariencia de las señales de los SART con polarización circular en el radar PPI era más intensa y más clara que la de las señales de los SART con polarización horizontal. Estos resultados confirman la superioridad de la polarización circular, debido a lo siguiente: el campo eléctrico gira y la polarización circular se resuelve en el elemento de polarización horizontal y en el elemento de polarización vertical. La característica de reflexión de la superficie del mar es distinta en ambos elementos de composición. Por consiguiente, la curva de intensidad de recepción varía en función de la distancia cuando interfieren la onda directa y la onda reflejada en la superficie del mar. Este fenómeno pone

en evidencia que la distancia detectable de los SART con ondas de polarización circular es un 30% superior, o más, a la de los SART con polarización horizontal.



Radar: potencia de cresta: 25 kW altura de la antena: 9,5 m
 SART: potencia de cresta: 400 mW altura de la antena: 1,0 m

Los datos observados de los SART con polarización circular se ajustaban adecuadamente al valor teórico, motivo por el cual se han omitido del gráfico.

0628-05

Por otra parte, en 2004, se llevaron a cabo mediciones de la potencia recibida de una señal de los SART en malas condiciones meteorológicas utilizando un radar marino de un laboratorio de investigaciones en Japón. Los resultados confirmaron que los SART con polarización circular no eran inferiores a los de polarización horizontal.