

CONSIDERACIONES AL USO DEL TRANSPONDEDOR

Jorge Molina Hernández*
Capitán de Corbeta (R)

Introducción

 La construcción de equipos de ayuda a la navegación ha experimentado en nuestros días un importante avance tecnológico, aspecto que puede apreciarse en la existencia de muchos modelos que brindan diversas ventajas tendientes a ofrecer una mínima participación de los operadores y, a la vez, la máxima recopilación de datos necesarios, con lo cual disminuye la probabilidad de error.

En este artículo se analizará antecedentes sobre un nuevo equipo denominado Transpondedor (*Transponder*), que se encuentra aún en período experimental en la industria marítima, en algunas universidades y en varios organismos internacionales. Este equipo podría significar un interesante aporte a la operación de buques, en cuanto a evitar colisiones y a permitir el control desde tierra de los movimientos de buques en áreas portua-

rias o en zonas restringidas o de congestión marítima.

Evolución tecnológica

El Radar ha desempeñado un importante papel como ayuda a la navegación y, por lo tanto, ha llamado la atención de los investigadores para mejorar su aprovechamiento, ya sea en la programación del entrenamiento de los operadores como en la adición de equipos complementarios o en las modificaciones de los ya existentes.

La primera ayuda complementaria a la navegación por Radar fue la de aumentar de alguna forma la intensidad y la identificación de los ecos provenientes de algún punto notable, que por su ubicación permitiera al navegante obtener una situación segura. Esto fue logrado con el sistema pasivo denominando Reflector de esquina (*Corner Reflector*), basado en reflectores metálicos ubicados sobre boyas

* Master en Ciencias de Transporte y Estudios Marítimos. Profesor del Instituto Profesional de Valdivia.

o estructuras en el acceso de puertos, canales, bajos o en embarcaciones pesqueras. Estos reflectores metálicos pueden estar formados por 3, 4 u 8 planchas verticales de varios tipos de construcción, con un solo eje vertical. Este reflector permite que la señal emitida desde la antena del Radar rebote sobre ella, originando un eco nítido y mejorado en la pantalla del mismo Radar. Pero el empleo de este sistema pasivo es limitado en cuanto a su alcance, debido a la poca altura sobre el nivel del mar que normalmente tienen los reflectores, así como por su poca efectividad en caso de condiciones de mar y viento desfavorables.

La segunda ayuda de este tipo, que apareció posteriormente, fue denominada Racon (*Radar Beacon*) y consistió en la introducción de un eco activo en la pantalla de Radar. Este eco es originado desde una estación Racon ubicada en algún lugar que sea necesario reconocer en la pantalla de Radar, en un sector en que se presenta un gran número de ecos, lo que ocurre en la aproximación a puerto o en zonas de confluencia. Esta señal Racon se presenta en un eje radial, desde la propia estación hacia el exterior de la pantalla, y permite obtener la distancia y demarcación a esa estación. Los canales de frecuencia que se emplean para señales Racon son los autorizados por la IRCC (International Radio Consultative Committee) para el uso de radares de navegación. Actualmente, éstos son la banda X, entre 9.320 y 9.500 MHz, con un largo de onda de 3 centímetros, y la banda S, entre 2.900 y 3.100 MHz, con un largo de onda de 10 centímetros.

Hay dos clases de ecos activos que pueden aparecer en la pantalla del Radar y ellos son del tipo Racon, como se indicó anteriormente, y del tipo Ramark. Estas

clases de ecos se diferencian en que en el primer caso la señal permanece visible en la pantalla durante aproximadamente tres revoluciones de la antena del Radar, desapareciendo durante un tiempo predeterminado para cada estación Racon. Mientras que la señal Ramark es una línea continua y permanente, lo cual –comparativamente– es una desventaja con la anterior, ya que se pierden otros ecos bajo esta señal.

El uso de señales Racon tiene probada importancia en muchos accesos a puertos; por ejemplo, la estación Racon denominada Liverpool Bar está prestando servicios destacados, desde 1959, para el acceso de buques al río Mersey (Inglaterra), donde se encuentra la zona portuaria. En igual forma, instalaciones Racon cooperan efectivamente en la obtención de situación de buques cruzando pasos de tráfico internacional, como los del Estrecho de Magallanes. Este sistema es factible de usar en toda condición meteorológica o de luz; sin embargo, pueden presentarse algunas dificultades al producirse interferencias con ecos propios, o bien cuando puntos notables que se requiere identificar o ubicar en la pantalla no aparecen por encontrarse bajo la señal radial desde otra estación Racon en el área. Este efecto negativo aumenta a medida que hay más estaciones Racon en un sector.

Los Srs. F.M. Foley y K.R. Morgan, en su estudio sobre el *Optimo Uso de la Capacidad de Racon en Aplicaciones Marítimas*, indican que la capacidad técnica para ofrecer informaciones codificadas debe estar estrictamente limitada a un máximo de cuatro estaciones emisoras en el área que las requiere, de modo que la aproximación a puerto sea expedita. Lo mismo puede decirse si se instala el Racon a bordo para obtener la identificación del buque propio por otros buques o desde

estaciones de control de puerto, ya que más de cuatro estaciones Racon que originen señales en la pantalla de Radar crearían una situación peligrosa en las áreas bajo su señal de identificación. Finalmente, debido a que en la banda Racon hay transmisiones con diferentes frecuencias de barrido, existirían posibles períodos largos durante los cuales no aparecerán las estaciones Racon que pueden necesitarse en ese momento.

De las experiencias en el uso de Racon se observó que si la transmisión de la señal se efectuaba en una frecuencia fija permanente, ubicada en los límites de las bandas X o S, los efectos de interferencia con los ecos propios disminuían casi totalmente, debido a que en Radares de navegación el magnetrón, operando a una temperatura constante, emite su pulso usualmente a la frecuencia central de la banda correspondiente. Lo mismo ocurre con el Efecto Clutter, o de ecos falsos producidos por la reverberación de mar o lluvia, que normalmente son reducidos por el operador de Radar al ajustar el control de ganancia, efectos que en este caso son reducidos automáticamente o eliminados completamente.

En esta forma, se ha agrupado los experimentos sobre el Racon en cuatro tipos generales, para efectuar un análisis de sus características más sobresalientes; ellos son:

1. *The Standard Slow Racon.* Este tipo de experimentos se originó con el uso de una frecuencia fija al extremo de banda, con la ventaja de identificar sin interferencias o ecos falsos, pero existiendo períodos largos sin recibir la señal Racon, y además con limitaciones de distancia para recibirla.

2. *The Fast Sweep Racon.* Aumentando la velocidad de barrido se puede disminuir el tiempo en que no se recibe la señal Racon; sin embargo, en esta experiencia se observó que aparece una gran cantidad de puntos en la pantalla de Radar, que se mezclan con ecos falsos. En Francia se efectúa estas experiencias tratando de mejorar la detección.

3. *The Fixed Frequency Racon.* Operando en la banda X se puede usar una frecuencia fija de 9.310 MHz. Este método ofrece una simple solución, siempre que el oscilador pueda ser operado directamente por el operador de Radar, de manera que la transmisión a dicha frecuencia sea constante, con la ventaja de evitar interferencias y ecos falsos. Pero si eso no se realiza oportunamente puede producirse la pérdida de la señal.

4. *The Frequency Agile Racon.* Esta experiencia reúne las ventajas de los dos últimos grupos anteriores, pero con desventajas en el uso de una banda apropiada a corta distancia, cuando la exactitud de la frecuencia fija dependa de la exactitud de las frecuencias con las cuales pueda ser comparada.

El sistema Transponedor

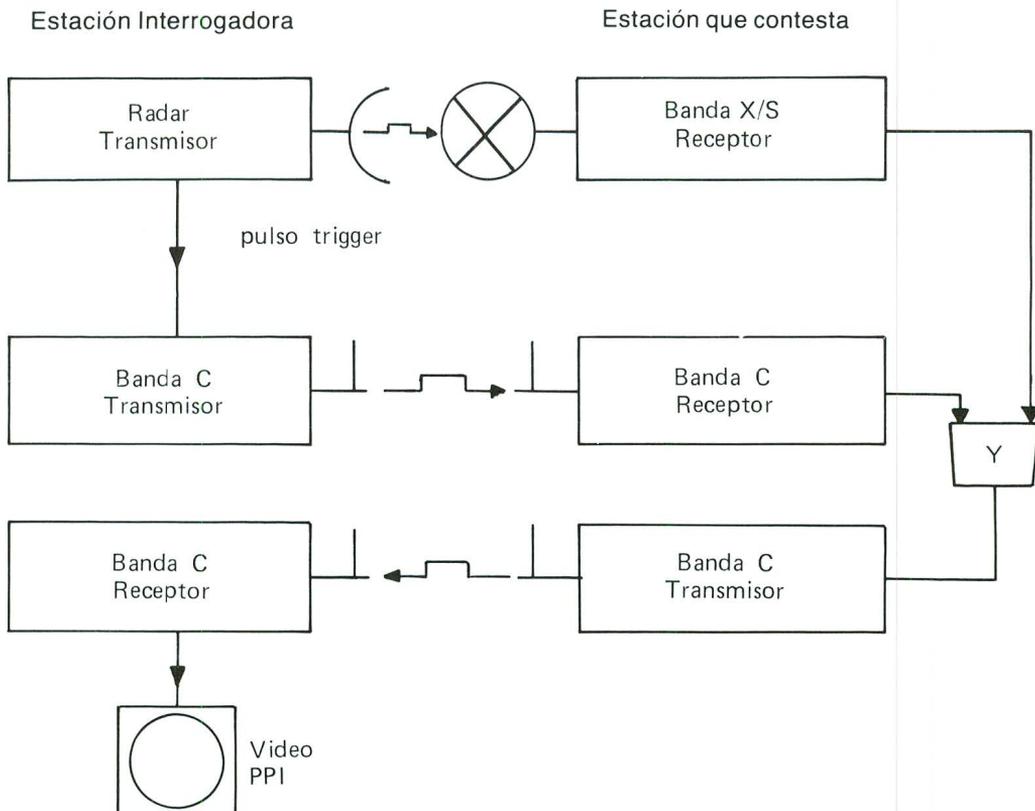
Habiendo analizado las etapas anteriores del desarrollo técnico de las ayudas a la navegación por Radar, el nuevo sistema que se está experimentando fue denominado Transponedor, Radar Transponedor o Radar Secundario, encontrándose en su última etapa antes de confirmarse su legalización y comercialización, previos a quedar disponible en el mercado mundial. El Transponedor podría resolver muchas operaciones en la mar, y en particular

serviría para anular el peligro de las colisiones.

J.J. Fee, en su artículo *Consideraciones en la Selección de Señales de Radar para Uso Marítimo*, ha definido claramente la diferencia más apropiada entre los conceptos de Racon y Transpondedor. El define al sistema Transpondedor como aquél que origina una señal codificada sobre un receptor especial para tal efecto, el cual puede ser de dos tipos, dependiendo de si la estación receptora responderá a cualquiera señal codificada para desti-

natario general o si requiere de una señal codificada especial para destinatario selectivo. Esta es la diferencia principal, ya que el sistema Transpondedor debe ofrecer información de acuerdo sólo al tipo de consulta que le fuera hecha, mientras que el sistema Racon, como se vio anteriormente, ofrece sólo limitada información y ésta es siempre colectiva. Otra importante característica de los Transpondedores es que la estación receptora contesta automáticamente la situación de la estación en ese instante, pero con otro tipo de mensaje codificado recibido la respuesta debe ser realizada por el operador.

El siguiente esquema indica el funcionamiento general del sistema Transpondedor:



Para una primera consideración sobre el Transpondedor se aprovechará el concepto de una señal fija en los extremos de una banda de frecuencia. Primeramente, en la estación que interroga se puede transmitir omnidireccionalmente por medio de una antena de huasca, mientras la dirección de ubicación del contacto sea desconocida, pero al mismo tiempo en otra frecuencia se transmitirá por una antena rotatoria. Además, estas señales serán transmitidas únicamente en un código digital. En la estación receptora, los pulsos que llegan cubren el total del espectro, por lo cual se necesita contar con suficiente ancho de banda, usando una antena de huasca. Debe haber un receptor especial para una determinada señal, para sintetizar su eco y permitir descodificar la señal única de reconocimiento que le ha sido enviada.

La presentación de los datos obtenidos de la señal codificada puede visualizarse en una pantalla de Radar convencional y también sobre una pantalla adicional que esté disponible en la estación receptora. El uso de dos señales simultáneas permite superar el problema de interferencia y falso eco y reduce las ambigüedades que podrían presentarse debido a la superposición de ecos de la señal. Pero si ello ocurriera, a pesar de todo, con seguridad que tendría poco significado práctico.

Otro problema sería el originado por el uso de una frecuencia fija, como se indicó anteriormente, causando un posible desajuste. Si la intención es efectuar una transmisión dirigida, para recibir los datos de respuesta será necesario transmitir una señal más compleja que un simple pulso de Radar, que contenga la señal codificada de reconocimiento. Para esto se usa

la doble frecuencia de transmisión y la técnica adoptada ha sido la de usar la banda C de 5,5 GHz, que comparativamente hace más fácil utilizar las antenas omnidireccionales de transmisión y de recepción. Como se aprecia en el gráfico anterior, cuando el buque recibe una señal de interrogación mediante los pulsos de banda X/S y C, transmite los datos requeridos sólo por banda C. En esta forma, en la estación transmisora se reciben, como respuesta de la señal interrogadora, dos tipos de informaciones; ellas son los contactos o ecos acondicionados y la señal de reconocimiento de aquellos contactos. Sin embargo, estos dos grupos de datos no están enlazados entre sí, y aunque se utiliza la selección de demarcación con la antena rotatoria para resolver la posible ambigüedad, la confusión que aún existiera es resuelta por medio de una llamada selectiva.

Situación internacional

Hay una discusión internacional en cuanto a la reglamentación que sea necesaria para el uso práctico del Transpondedor como un sistema aprovechable en todos los mares y por todas las naves mercantes del mundo. Los diferentes puntos de vista están siendo analizados por la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental (IMCO), y se espera que próximamente se logrará acuerdos que permitan llevar a efecto la comercialización del sistema Transpondedor y su uso práctico.

Las dos ideas más importantes para determinar el empleo que tendrá el Transpondedor son las siguientes:

MRIT (Marine Radar Interrogator Transponder). Es el proyecto presentado por la U.S. Marine Administration en 1972, que sugiere el uso de Transpondedores para la identificación de contactos en la mar y también para proporcionar informaciones adicionales de rumbo y velocidad para anular colisiones, o bien para permitir al control de puerto interrogar a los buques que recalán sobre la carga que transportan, destino de la carga, etc. Es decir, reemplazar al servicio VHF de comunicaciones; y

MIDAR (Marine Identification and Recognition). Se denomina así al proyecto presentado por el U.K. Department of Trade en 1976, que sugiere el uso de Transpondedores específicamente para anular colisiones, ya que este sería el mejor medio efectivo para reducir dichos accidentes, lo cual se limitaría potencialmente si se llega a hacer un uso indiscriminado de este sistema, como sucede actualmente con los equipos VHF de comunicación en la mar o en puerto.

Es interesante notar que las investigaciones técnicas de Transpondedores, además de Estados Unidos y del Reino Unido, se encuentran muy avanzadas en países tales como Francia, Noruega y la Unión Soviética.

Ventajas de los Transpondedores

Este sistema puede ser instalado en todo tipo de embarcaciones de 7 a 1.600 toneladas gruesas, usando el equipo estándar, que sólo da la posición al buque que interroga en forma automática, sin necesidad de operador o de disponer de otros equipos adicionales. Se estima, en-

tonces, que el costo de instalación en estos casos sería muy conveniente. Ahora bien, en buques de un desplazamiento de 1.600 toneladas gruesas o superior, el sistema Transpondedor puede ser integrado a los equipos de Radar existentes. Lo anterior permite considerar el uso masivo de este sistema, con evidentes ventajas de seguridad marítima.

Es posible adecuar un *flash polaroid* en las pantallas de Radar con el sistema Transpondedor incorporado, para obtener un mejor registro de datos de situación de contactos en momentos de peligro. En este caso, el filtro cuádruple de guía de onda, en un circuito especial, logra seleccionar los cuatro contactos más peligrosos, cuyos ecos tendrán distintos colores en la pantalla de Radar.

El código digital, que fue seleccionado para integrar la formación de mensajes del Transpondedor, resultó más ventajoso que los procesos híbrido y de microproceso, ya que en ellos el tamaño, consumo y costo resultaban mayores.

Enumerando las funciones operacionales que podrían efectuarse mediante la instalación de Transpondedores, éstas serían:

- Identificación de contactos, particularmente en la proximidad de contactos peligrosos;
- Identificación y obtención de informaciones de un buque en lugares especiales de la costa, islas o bahías, donde existieran instalaciones de este tipo. Este sistema permitiría la coordinación

de Prácticos o facilitaría el control marítimo, en forma similar al control aéreo de aeropuertos con equipos ATCRBS;

- Comunicaciones en operaciones de búsqueda y rescate, para casos de emergencia y naufragios;
- Identificación mutua y ploteo de aproximación entre aerodeslizadores de alta velocidad, los cuales en la actualidad hacen uso restringido de pantallas convencionales de Radar para este efecto;
- Anular el peligro de colisión en toda condición meteorológica;
- Establecimiento de comunicaciones mediante mensajes codificados estándar, de hasta cuarenta palabras, con respuesta automática; o bien mediante mensajes especiales codificados, con espera de respuesta de un operador por la misma vía.

Conclusiones

La obtención permanente de ecos activos de contactos en la pantalla de Radar permitirá su identificación y otros datos operativos, en forma automática. Sin embargo, se hace necesario que el establecimiento internacional del sistema de Transpondedores sea legislado por la Organización de las Naciones Unidas, a través de sus dependencias, tales como IMCO, IRCC, ITU y WARC, en forma que se logre que el proyecto sea coordinado, económico y universal, para aprovechar las indudables ventajas que pueden obtenerse con Transpondedores en el tráfico marítimo. Como un complemento al uso del Radar de navegación, el Transpondedor tendría una destacada importancia siempre que se dispusiera internacionalmente el plazo de su instalación obligatoria a bordo de naves mercantes de todas las banderas.

BIBLIOGRAFIA

- Fee, J.J., *Considerations in the selection of a Radar beacon for maritime use.*
- Grombridge, R.D., *Frequency allocation considerations for secondary Radar at sea.*
- Harrison, A., *Marine Radar beacons.*
- Jones, K.D., *Implications in the use of Marine Transponders.*
- Liverpool Polytechnic, *Research and development of Radar Transponders.*
- Marshall, F., *A theoretical comparison of the accuracy of collision course predictions from primary Radar observations.*

- McGeoch, Sir Ian, *Midar, V.A.*
- Moore, T.A., *Radar and Transponder accuracy predictions for ship collision.*
- Radio Technical Commission for Marine Services, Washington, D.C., *The design manufacture, reliability, installation and servicing of Transponders.*
- Ratcliffe, S., *Transponder applications in civil aviation.*
- Richards, E.R., *Use of Radar beacons in the civil Marine Service. The use of Radar beacons and Transponders in marine navigation.*
- Riggs, R.F., *The effects of sensor errors in certain marine collision avoidance and threat assessment system.*
- Waterworth, J., *Hovercraft Transponders.*

