



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SECCIÓN DE NÁUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL.

TRABAJO DE FIN DE GRADO.

JUNIO 2019.

***SISTEMA DE RESOLUCIÓN
DE CONFLICTOS MARÍTIMO
(SRCM)***

Tutor: Antonio José Poleo Mora.

Autor: Juan Alberto Soria Medina.

Grado: Náutica y Transporte Marítimo.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

AGRADECIMIENTOS

Lo primero es agradecer a mi tutor de proyecto, D. Antonio José Poleo Mora, por su ayuda y disponibilidad para resolverme cualquier duda, durante el proceso de realización de este trabajo de fin de grado.

Agradecer a la “Universidad de La Laguna”, y a los profesores de la “Escuela Técnica Superior de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval”, por todos los conocimientos brindados a mi persona, los que me han dotado no solo de un enriquecimiento intelectual, sino también personal.

A todo el personal de secretaría, por ayudarme en todos los trámites a realizar, durante estos años de carrera.

Agradecer también a la tripulación de los buques “Volcan de Tijarafe”, “Volcan de Tinamar” y “Al Andalus Express”, por enseñarme a llevar a la práctica mis conocimientos, además de siempre estar disponibles para cualquier duda.

Gracias a todos, he adquirido satisfactoriamente unos conocimientos fundamentales para desempeñar una profesión en un sector tan específico y especializado como es el sector marítimo.

A mi familia y amigos, por apoyarme en todo momento, facilitándome cualquier cosa, en estos años de estudio

Todos los conocimientos obtenidos, me han inspirado a idear el sistema que se explica en este trabajo, del cual respondo y doy fe de la veracidad de la información mostrada a continuación.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Tabla de contenido

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
OBJETIVOS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
Descripción TCAS.....	11
Descripción ECDIS.....	12
Descripción GPS.....	14
Descripción AIS.....	17
Descripción Radar.....	21
Descripción VDR.....	27
DESARROLLO SRCM.....	30
Modo de uso y funcionamiento.....	31
Información a disposición del SRCM.....	36
Reglamento Internacional para la prevención de abordajes (RIPA).....	37
Posibles escenarios y actuación del SRCM.....	49
CONCLUSION.....	58

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Collision. Fuente [1].....	7
Ilustración 2. TCAS Order. Fuente [2].....	11
Ilustración 3. Vista ECDIS. Fuente [4]	13
Ilustración 4. ECDIS Buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo).....	13
Ilustración 5. Chincheta carta. Fuente [6]	14
Ilustración 6. Imagen GPS. Fuente [6]	15
Ilustración 7. Status AIS buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)	17
Ilustración 8. Embarcación de recreo Palma de Mallorca. Fuente (Trabajo de campo)	19
Ilustración 9. Pantalla AIS buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)	20
Ilustración 10. Antenas radar buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)	21
Ilustración 11. Buque invisible a radar. Fuente [9].....	23
Ilustración 12. Radar trans-recep pic. Fuente [10].....	24
Ilustración 13. Antena radar radome. Fuente [12].....	26
Ilustración 14. Antenas banda S y X ,Volcan de Tinamar. Fuente (Trabajo de campo)	26
Ilustración 15. Recipiente VDR buque Volcan de Tijarafe. Fuente (Trabajo de campo).....	27
Ilustración 16. Recipiente VDR buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo).....	29
Ilustración 17. Equipos puente Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)	30
Ilustración 18. Ratón radar buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)	32
Ilustración 19. Ploteo1 buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo).....	33
Ilustración 20. Ploteo2 buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo).....	34
Ilustración 21. Maniobra aproximación. Fuente (Trabajo de campo).....	41
Ilustración 22. Canales angostos. Fuente [14]	42
Ilustración 23. Dispositivo separación tráfico. Fuente [15].....	43
Ilustración 24. Maniobra buque a vela. Fuente [16]	45
Ilustración 25. Maniobra buque que alcanza. Fuente [17]	45
Ilustración 26. Imagen radar vuelta encontrada. Fuente (Trabajo de campo).....	46
Ilustración 27. Maniobra situación de cruce. Fuente [17]	47
Ilustración 28. Imagen SS Andrea Doria. Fuente [19]	49
Ilustración 29. Reconstrucción maniobra buque Andrea Doria. Fuente[20].....	51
Ilustración 30. Reconstrucción maniobra buque Stockholm. Fuente[20]	52
Ilustración 31. Reconstrucción maniobra-abordaje. Fuente [20].....	53
Ilustración 32. SS Andrea Doria hiling. Fuente [21].....	54
Ilustración 33. Stockholm bow damages. Fuente [22]	54
Ilustración 34. Stockholm pic NY. Fuente [19]	55
Ilustración 35. Andrea Doria sinking. Fuente[20].....	56

OBJETIVOS

Nuestra principal intención al idear el sistema SRCM, es la de convertir la navegación marítima en una actividad más segura y eficaz. Siguiendo esta línea estudiaremos a continuación los principales equipos de ayuda a la navegación, existentes en los buques actuales, tales como el sistema de cartas electrónicas ECDIS, el equipo de posicionamiento GPS, los dispositivos radar, el aparato de grabación VDR, y sus correspondientes principios de funcionamiento.

Así mismo, detallaremos como nos apoyaremos en dichos equipos, para que nuestro sistema SRCM pueda manejar la información suministrada por estos, y de este modo desempeñar su trabajo correctamente, dictando ordenes claras y precisas de cambio de rumbo a los oficiales al mando de las naves en conflicto de proximidad.

La idea surge del estudio, de numerosos accidentes acaecidos a lo largo de la historia, es por ello, por lo que con la implantación de este equipo, se evitarían prácticamente en su totalidad.



Ilustración 1. Collision. Fuente [1]

Nuestro mayor objetivo es acabar por completo con los accidentes, ya sean en situaciones de confusión, por maniobras indebidas, y en general por prácticamente cualquier factor posible. Confiamos firmemente en que el SRCM es la solución a todos estos desafortunados incidentes, y con este aparato demostraremos que es posible.

Para finalizar tendremos un apartado de conclusión, en donde haremos una reflexión de todo lo visto y sus claras ventajas.

RESUMEN

En el presente trabajo, comprobaremos paso a paso, los aspectos y cualidades del SRCM. Lo primero será realizar una breve introducción, en donde se explicará de donde surge el pensamiento y la necesidad de poseer el sistema SRCM a bordo de un buque, así como las ventajas que este aportará.

Seguido a esto analizaremos el funcionamiento del sistema de resolución de conflictos TCAS, utilizado en la aviación, como funciona y porque nos hemos inspirado en el para compatibilizarlo para el ambiente marítimo.

A continuación haremos un estudio por separado de cada uno de los equipos de ayuda a la navegación del buque. Para el correcto funcionamiento del SRCM, nos centraremos en sus equipos de apoyo, sistema de cartas electrónicas ECDIS, sistema GPS, equipo de radar banda S, y el equipo de grabación VDR. Así comprenderemos los datos requeridos por el SRCM, y como estos equipos se los suministrarán.

En siguiente lugar, realizaremos un desarrollo del funcionamiento del SRCM a bordo de un buque, como quedará integrado con el resto de equipos y las interacciones entre el usuario y el aparato. Quedará comprobado lo intuitivo que resultará su funcionamiento y utilización, para no dejar margen alguno a posibles dudas.

Uno de los puntos más importantes en este trabajo, será el estudio de casos reales, y de como el sistema SRCM hubiera solucionado la situación, quedando así patente la necesidad inmediata de implantarlos en todos los buques actuales.

ABSTRACT

The main idea comes after studying many maritime accidents, we get the conclusión that most of these accidents are caused by the human factor.

We came up a method to avoid more collisions at sea. A system able of quickly calculating new courses, and give orders to vessels on course to collision. We have called it "SRCM" the initials in Spanish of Sistema de Resolución de Conflictos Marítimos, or translated into English as Maritime Conflict Resolution System.

In aviation there is a similar conflicto resolution system called "TCAS". We have been inspired by this system, and we have created a device focused on the maritime sector.

We will analyze real maritime accidents and explain how our device would have changed the situation, avoiding accidents, material damages and above all the loss of human lives.

In this text we will show step by step how the system works, the devices to which it will be connected and how the user will use the "SRCM".

INTRODUCCIÓN

La idea inicial nace del estudio de numerosos casos de colisiones y abordajes en la mar, nos percatamos de la imperiosa necesidad de instalar en las embarcaciones un sistema capaz de resolver situaciones de peligro, con la mayor brevedad de tiempo posible.

Llegados a este punto, ideamos un sistema capaz de calcular a gran velocidad trayectorias de diferentes barcos que se encuentran en conflicto, facilitando a sus respectivos tripulando ordenes concisas de nuevos rumbos a seguir. Para ello nos apoyamos en un sistema llamado TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System), diseñado para la aviación en la década de 1980, será la herramienta con la que se podrán evitar numerosos abordajes y peligrosas maniobras innecesarias.

A lo largo de este estudio iremos revisando los inicios del TCAS y como se adaptará a los buques convirtiéndose en el SRCM, a su vez analizaremos accidentes reales que habrían sido fácilmente resueltos por este sistema.

Para entender un poco mejor la naturaleza del SRCM, desmontaremos cada uno de los equipos a los que irá conectado. Es decir, explicaremos su funcionamiento por separado, con esto seremos capaces de comprender el funcionamiento y la fiabilidad de las ordenes emitidas por el aparato.

Una explicación de como interactuar con el "SRCM" no podía faltar, y podremos hacernos una idea de lo sencillo e intuitivo que es el equipo y de como resolvería conflictos en diferentes escenarios.

Descripción TCAS

El sistema TCAS fue un novedoso sistema diseñado en Estados Unidos en la década de 1980 para lograr evitar colisiones entre aeronaves.

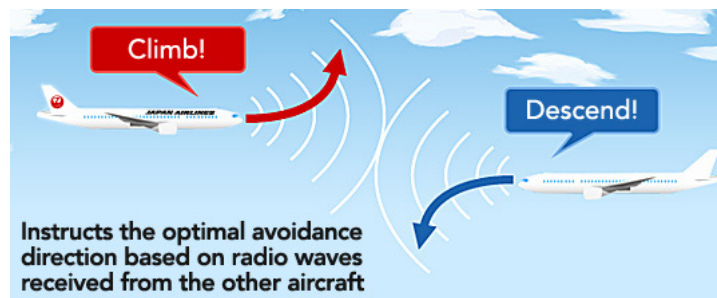


Ilustración 2. TCAS Order. Fuente [2]

El sistema utiliza un transpondedor radar, con el que envía una señal a las aeronaves cercanas y posteriormente recibe una señal de vuelta, así varias veces por segundo.

En ese trasiego de datos entre aeronaves podemos encontrar información tan relevante como distancia, rumbo y altitud, permitiendo al TCAS construir una detallada imagen de lo que tiene a su alrededor.

El sistema posee tres elementos principales, un computador encargado de detectar, calcular y generar los avisos de las maniobras a realizar. Dos antenas una en la parte superior del avión y otra en la parte inferior, y un panel de control a través del cual el piloto puede interactuar con el sistema, obteniendo información a tiempo real sobre el tráfico cercano, si fuera necesario, las maniobras a realizar.

El sistema TCAS esta aún en plena evolución y ha experimentado diversas etapas, inicialmente solo nos daba avisos de tráfico aéreo en las proximidades (TCAS I), en su siguiente generación nos proporcionaba la alerta de tráfico y solucionaba conflictos en el plano vertical (TCAS II), su última versión podrá además de lo anterior resolver también conflictos en el plano horizontal.

Cabe destacar que está aprobado internacionalmente que la orden del sistema TCAS prevalece a la del controlador aéreo, esto se debe a que el sistema al contrario que el controlador, estará exento de errores humanos. El sistema calculará la maniobra mas conveniente a realizar entre las dos aeronaves y se la comunicará a sus correspondientes pilotos sin dejar cabida al error. [3]

(Eurocontrol, s.f.)

Descripción ECDIS

Una carta electrónica o ECDIS (Electronic Chart Display Information System) se trata de un equipo regulado por la OMI (Organización Marítima Internacional), como alternativa al sistema tradicional de navegación mediante cartas de papel.

El funcionamiento básico se basa en una carta en donde aparecemos posicionados en todo momento, y así podemos hacer un seguimiento a tiempo real de nuestra ubicación, SOG (Speed Over Ground), COG (Course Over Ground), HDG (Heading), CPA (Closest Point of Approach), TCPA (Time Closest Point Approach), profundidad del fondo entre otros datos, es información que nos aparece en el ECDIS, interpretada por este mediante datos recibidos por los equipos a los que está conectado.

El ECDIS puede poseer una interfaz con, VDR, Radar, GPS, AIS, GIRO. Con los que es capaz de convertirse en un herramienta muy útil para la navegación, dándonos avisos de peligro según el riesgo al que nos estemos enfrentando.

Una de las virtudes de este equipo, es la posibilidad de planificar rutas, mediante una serie de waypoints que le introduciremos a nuestro antojo. Estas rutas las podremos guardar en la memoria del aparato para utilizarlas cuando nos convenga.

Estos equipos deben cumplir el convenio SOLAS (Safety Of Life At Sea), en tres elementos principales.

- *El ECDIS estará aprobado y homologado por la OMI.*
- *Las cartas que se manejen en el dispositivo cumplirán las normativas establecidas por la IHO (Organización Hidrográfica Internacional).*
- *Este equipo debe estar apoyado por cartas de papel, como segunda opción en caso de poseer alguna mal función, o por un sistema ECDIS doble homologado.*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

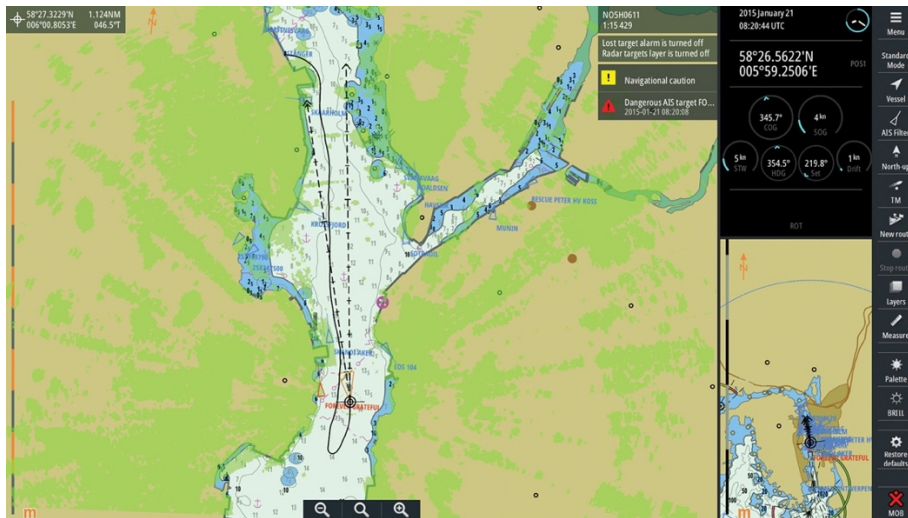


Ilustración 3. Vista ECDIS. Fuente [4]

A continuación citaremos los componentes principales de este equipo.

- *Procesador.* Encargado de interpretar toda la información para lograr el funcionamiento de dispositivo. Cabe destacar de que conectando dos o más procesadores, podemos formar un sistema PLECDIS (Paper Less Electronic Chart Display Information System).
- *Monitor.* Será donde visualmente operaremos con el aparato y recibiremos avisos .
- *Memoria.* Las cartas que posea nuestro dispositivo, serán grabadas en esta, y a través de ella accederemos a las mismas para poder utilizarlas en nuestro uso rutinario o para mantenimiento (modificaciones de rutas, etc.) [5]



Ilustración 4. ECDIS Buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

Descripción GPS

El GPS es un sistema militar de navegación, soportado mediante 24 satélites capaces de proporcionar ubicaciones en tres dimensiones, (longitud, latitud y altura), tiempo y velocidad. El sistema opera en cualquier parte del globo, con cualquier condición climática, exceptuando zonas sin cobertura, ya sean cuevas u otras estancias subterráneas o con difícil penetración de la señal. Está disponible para su uso las 24 horas del día.

El GPS tiene un gran abanico de aplicaciones, tanto en tierra, como mar y aire. Este sistema de posicionamiento es usado por multitud de profesionales, desde la marina mercante, hasta las labores de cálculos de un topógrafo. También tiene un sinfín de aplicaciones en el ocio, ya sean turistas en una ciudad o excursionistas a través de un desierto.

Con el paso del tiempo se ha vuelto muy común la presencia del GPS en aviones, barcos, coches, incluso en los teléfonos móviles. Es tal la implantación, que prácticamente todos los aparatos de posicionamiento a nivel mundial están conectados a esta red.

El encargado de llevar a cabo la puesta en órbita de nuevos satélites, su seguimiento y su mantenimiento, pertenece el departamento de defensa de EEUU.



Ilustración 5. Chincheta carta. Fuente [6]

El GPS mide simultáneamente la distancia entre el receptor y al menos 3 satélites, para calcular una posición en 2D, es decir latitud y longitud, para poder calcular la posición en 3D, latitud, longitud y altura, como mínimo deberá estar cubierto por al menos cuatro satélites. Ofreciendo de este modo una posición muy precisa al usuario.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Esta medición de distancia se logra, mediante el retardo temporal que existe entre la emisión de la señal del satélite, y la recepción de la misma por el receptor. Por cada satélite tenemos la ecuación de un esferoide, y de la intersección de esos cuatro esferoides obtenemos la posición del usuario.



Ilustración 6. Imagen GPS. Fuente [6]

El sistema GPS está compuesto por tres módulos principales (Espacio, control y usuario).

- *Segmento espacial. Está compuesto por los satélites, en total tenemos 24 (tres de ellos en reserva), que orientan sus antenas hacia La Tierra e incorporan cuatro relojes atómicos (dos de cesio y dos de rubidio). Estos se alimentan de energía producida por paneles solares, orientados hacia el sol. A bordo poseen unas baterías, para mantenerse en funcionamiento en caso de un eclipse solar. Los satélites tienen una duración de aproximadamente 7.5 años, una vez sobrepasan este lapso de tiempo se sustituyen. La colocación de los satélites se apoya en seis planos orbitales, separados 60º entre sí, y con un ángulo de inclinación hacia el ecuador de 55º. En cada plano orbital encontramos girando cuatro satélites, con un periodo de rotación de 11h 58m. Esta distribución de los satélites se ha diseñado, para garantizar una cobertura mínima de cuatro satélites en cualquier parte del planeta.*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

- *Segmento de control. Se trata de estaciones terrestres muy próximas al ecuador, la estación principal está ubicada en Colorado Springs, y es la encargada de realizar los cálculos necesarios para conocer la ubicación de los satélites. La tarea de la recepción y posterior emisión de datos procedentes de los satélites, la tienen tres estaciones de carga. Estas mediante la banda S, envían esta información a la estación principal. Hay un total de cinco estaciones monitoras, 3 carga , 1 control, 1 en Hawaii.*
- *Segmento usuario. Está compuesto de los receptores GPS. Su función es la de sintetizar las señales procedentes de los satélites y descodificar el mensaje de navegación.*

En cuanto a la colocación de la antena GPS, debemos tener en cuenta colocarla alejada del haz de transmisión de la antena radar y que tenga 360º sin obstáculos. Esto es debido a que, aunque la señal pasa fácilmente a través de las nubes, el cristal, etc, no es así con la mayoría de objetos sólidos. Si a esto le sumamos las interferencias producidas por algunas antenas, podemos hacer que nuestro equipo GPS no funcione correctamente.
[7]

Descripción AIS

“AIS” que proviene de las siglas en inglés, *Automatic Identification System*, o traducido *Sistema de Identificación Automática*, es un equipo utilizado principalmente para la obtención de información relevante, tal como (puerto de destino, ETA de llegada a puerto, tripulación a bordo, calado máximo, y posición).

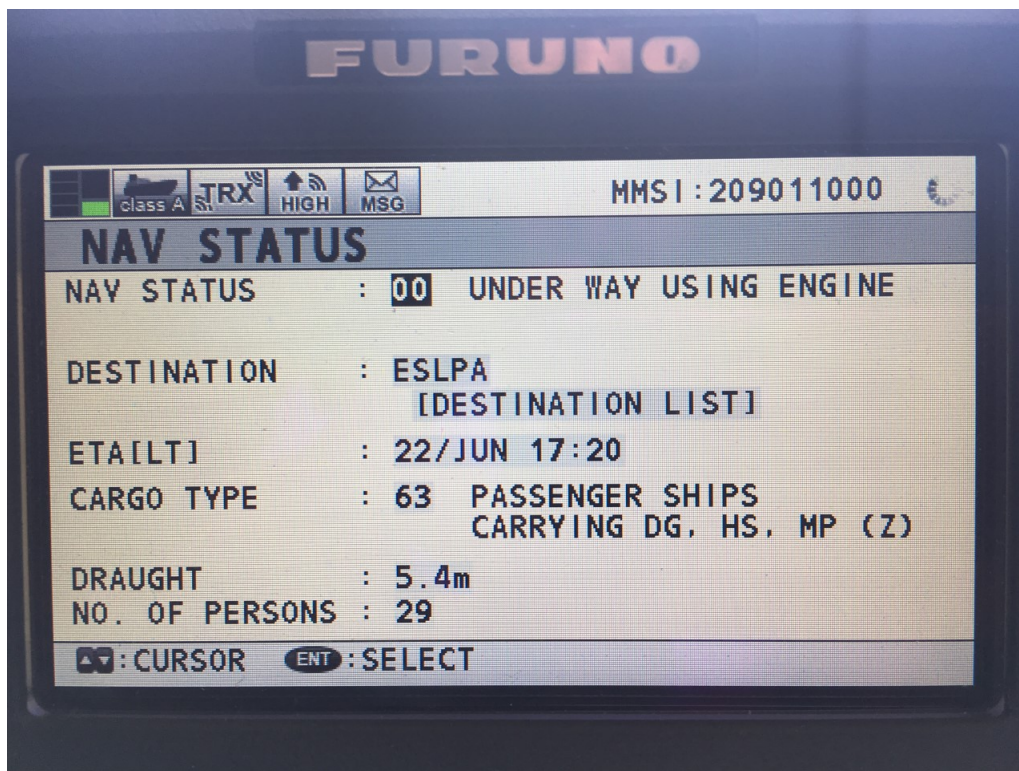


Ilustración 7. Status AIS buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

Con el sistema AIS, debemos tener muy presente, que la posición puede tener un pequeño desfase con la posición real, así como que nos encontraremos muchas embarcaciones que no poseen sistema AIS a bordo, ya sea por sus dimensiones (como una pequeña lancha de recreo), o por su actividad (un buque militar no está obligado a utilizar el sistema AIS).

Este dispositivo, lo podemos encontrar instalado desde en buques de gran tonelaje, estaciones terrestres o incluso aviones de reconocimiento y rescate.

El sistema AIS obtuvo el reconocimiento de la OMI (Organización Marítima Internacional), en el año 2002, y se le puso un plazo de implantación, que comenzó el 31 de Diciembre de 2004.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Los buques afectados por esta implantación, son aquellos que estén sometidos al convenio SOLAS con las siguientes peculiaridades.

- *Embarcaciones con un arqueo bruto de 500 GT o superior.*
- *Embarcaciones con un arqueo bruto de más de 300 GT y que realice travesías internacionales.*
- *Todos los barcos destinados al transporte de pasajeros, independientemente de su tamaño.*

La directiva europea 2002/59/E, establece en el artículo 2 los siguientes ámbitos de aplicación.

- *La actual directiva se aplicará a todo buque con un arqueo bruto de 300 GT o superior, siempre y cuando no se especifique otra cosa.*
- *Quedan exentos de la obligatoriedad de instalación de un sistema AIS, a los siguientes tipos de embarcaciones.*
- *Barcos militares, y buques propiedad de un Estado miembro, que estén a su servicio o que presten servicios públicos sin carácter comercial.*
- *Embarcaciones de pesca, y embarcaciones de recreo de menos de 45 metros de eslora.*

Aún está en proceso de aprobación una directiva europea que cambiará la actual 2002/59/E, en donde se establece la obligatoriedad de uso de sistema AIS a embarcaciones dedicadas a la pesca. Los plazos, tras la entrada en vigor de la nueva directiva serán.

- *18 meses para pesqueros de nueva construcción.*
- *3 años para pesqueros con una eslora entre 24 y 45 metros*
- *4 años para pesqueros con una eslora entre 18 y 24 metros.*
- *5 años para pesqueros con una eslora entre 15 y 18 metros.*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 8. Embarcación de recreo Palma de Mallorca. Fuente (Trabajo de campo)

En las embarcaciones de recreo, no sometidas al Convenio SOLAS, se especifica que

< La armonización de los servicios de radio contribuye a incrementar la seguridad de la navegación de los buques no sujetos al Convenio Solas, especialmente en caso de peligro y de situaciones de seguridad, por lo que los Estados miembros invitan a dichos buques a participar en el AIS >

Decisión de la Comisión, 25 enero 2005, 2005/53/CE

Con esto si intenta animar a las embarcaciones de pequeña envergadura a utilizar el sistema AIS, con el fin de mejorar la seguridad.

En el aspecto de ventajas del sistema AIS, encontramos.

- *Un alcance superior frente a otros dispositivos.*
- *Visualización no solo de la existencia de un barco, también nos aparecen datos como velocidad y rumbo del mismo.*
- *Los datos se muestrann en cartografía electrónica o vectorial.*
- *El eco AIS, posee una forma triangular característica, que no se puede confundir con ecos de olas u otros elementos como si sucede en los radares.*
- *El sistema AIS calcula automáticamente el TCPA, y puede ser configurado para avisar mediante una alarma, con tiempo suficiente para evitar el abordaje.*
- *En zonas de difícil detección de buques mediante sistemas radar, como en meandros de un río, el AIS sí detectará a dichos buques.*
- *Es un aparato que posee una alta eficiencia energética.*
- *Su precio es bastante reducido en comparación a otros sistemas de seguridad del buque.*

[8]

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

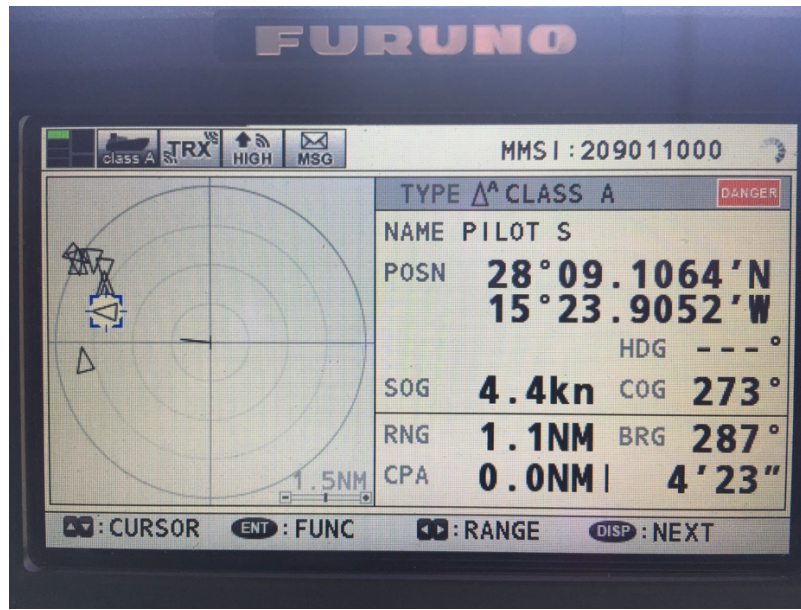


Ilustración 9. Pantalla AIS buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

Descripción Radar

Los radares, se tratan de herramientas fundamentales, como ayuda a la navegación en zonas de visibilidad reducida,

Como su nombre en inglés indica (Radio Detection And Ranging), consiste básicamente en un emisor de ondas electromagnéticas, que al incidir sobre algún obstáculo éstas rebotan, recibándose como ecos en una pantalla instalada a bordo. Suministrando datos con los que es posible obtener, distancia, dirección, velocidad, entre otra información de blancos estáticos o móviles.

El aparato posee una antena que, con un oscilador, genera y emite energía electromagnética. Si dentro del radio de acción existe un objeto, parte de la energía emitida por la antena rebotará sobre este, la antena receptora, que generalmente es la misma que la emisora, recogerá esta energía y se la suministrará al receptor. Este amplificará la señal y la pasará a los equipos que procesarán esta información.

De este modo, un radar, permite reconocer diferentes objetos sobre la mar. Así la tarea de detectar embarcaciones u otros obstáculos en nuestras proximidades, se vuelve mucho más sencilla.



Ilustración 10. Antenas radar buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

Principios de funcionamiento de un radar

Reflexión. Un objeto sólido, generará un cambio de densidad atómica entre si mismo y el aire que le rodea. Por lo tanto las ondas electromagnéticas se dispersarán, esto sucede especialmente con los materiales conductores como el metal. Cabe destacar que algunos buques militares, suelen estar recubiertos con materiales específicos y poseen formas características para en la medida de lo posible absorber las ondas del radar, y así volverse invisible al mismo.

La longitud de onda del radar y la forma del objeto, son los factores que harán variar la reflexión de las ondas, desvirtuando las señales recibidas.

Los primeros modelos de radar, empleaban longitudes de onda mucho mayores que los blancos, obteniendo señales muy tenues. A día de hoy, los radares emplean longitudes de onda de menor tamaño, lo que posibilita detectar objetos de dimensiones tan pequeñas como una barra de pan.

Las ondas emitidas por el radar, donde mejor reflexión obtendrán, será sobre objetos que formen ángulos de 90°. Es por esto, por lo que es necesario para algunos tipos de embarcaciones, instalar un dispositivo sobre el cual las señales de radar puedan rebotar. Conocemos a este dispositivo, como reflector de esquina.

Siguiendo este principio, sabemos que si en el diseño de un buque eliminamos sobre su estructura estas esquinas, tendremos un objeto móvil al que costará detectar mediante sistemas radar. Cosa interesante, a la hora de construir una embarcación militar, y poco recomendable en la fabricación de barcos para uso civil debido a su escurridizo diseño para las ondas de radar, lo cual puede contribuir a accidentes.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 11. Buque invisible a radar. Fuente [9]

Polarización. Los radares emiten la señal perpendicularmente a la dirección en la que va la propagación. La polarización sufrida por la onda viene dada por dirección de dicha señal. Podemos encontrar radares trabajando con polarizaciones verticales, horizontales, circulares o lineales. Cada una de ellas posee una aplicación en específico. Extrapolándolo a nuestro ámbito, que es el de la navegación marítima, sabemos que la polarización lineal es buena para detectar superficies metálicas, la polarización circular minimiza la interferencia causada por la lluvia, y que la polarización aleatoria nos permite detectar objetos irregulares, como salientes y rocas.

Interferencias. Los sistemas radar, se enfrentan a un entorno plagado de interferencias, cierto es que hay situaciones con mayor número de interferencias que otras. Estas interferencias vienen dadas por el “SNR” (Señal/Ruido), cuanto mas elevado sea el “SNR”, mejor podrá el radar aislar el eco real del resto de interferencias de su alrededor.

Clutter. Este término significa, todos aquellos ecos no deseados que nos aparecen por pantalla, podemos diferenciar los siguientes tipos.

- Por cercanía entre dos radares, se puede producir una interferencia por pantalla.
- Falsos ecos causados por fenómenos naturales, pueden tratarse de una bandada de pájaros, nubes, lluvia, etc. (Son ecos reales, pero no los que nuestro radar busca).
- Estar en las proximidades de un tendido eléctrico también puede producir interferencias a nuestro radar.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Existen varias maneras de luchar contra los clutter, una manera de diferenciar rápidamente un clutter de un eco real, es comprobar si entre un barrido de radar y otro, el eco se mueve si se trata de un eco real (a excepción de los ecos producidos por multitrayectoria), por otra parte, si es estacionario se trata de un clutter.

Como dijimos anteriormente, utilizando una polarización circular eliminaremos el clutter generado por la lluvia, y con polarización horizontal el producido por el mar.

También existe la técnica del CFAR (Constant False Alarm Rate), consiste en que partiendo de la base, de que los ecos clutter son mucho más numerosos que los ecos reales, se ajusta automáticamente la ganancia dejando solamente visibles los ecos reales.

Para finalizar con estos molestos ecos indeseados, tenemos el clutter producido por la multitrayectoria de la señal de un eco real. Esto puede producirse por la reflexión terrestre y la refracción ionosférica y atmosférica. Este tipo de clutter, se comporta diferente al resto ya que no es estático, se mueve y posee el aspecto de un eco real, así nuestro radar detecta a este eco fantasma pudiendo llevarnos a confusión.

Principio de medición de distancias. Los radares, envían pulsos electromagnéticos para posteriormente calcular el tiempo transcurrido hasta que la señal regresa, así logran determinar la distancia a la que se encuentran del objeto.

La distancia entre el radar y el objeto será la mitad del tiempo en que la señal sale y regresa multiplicado por la velocidad del pulso electromagnético, unos 300.000KMPS. Para llevar a cabo estos cálculos se requiere una electrónica bastante avanzada.

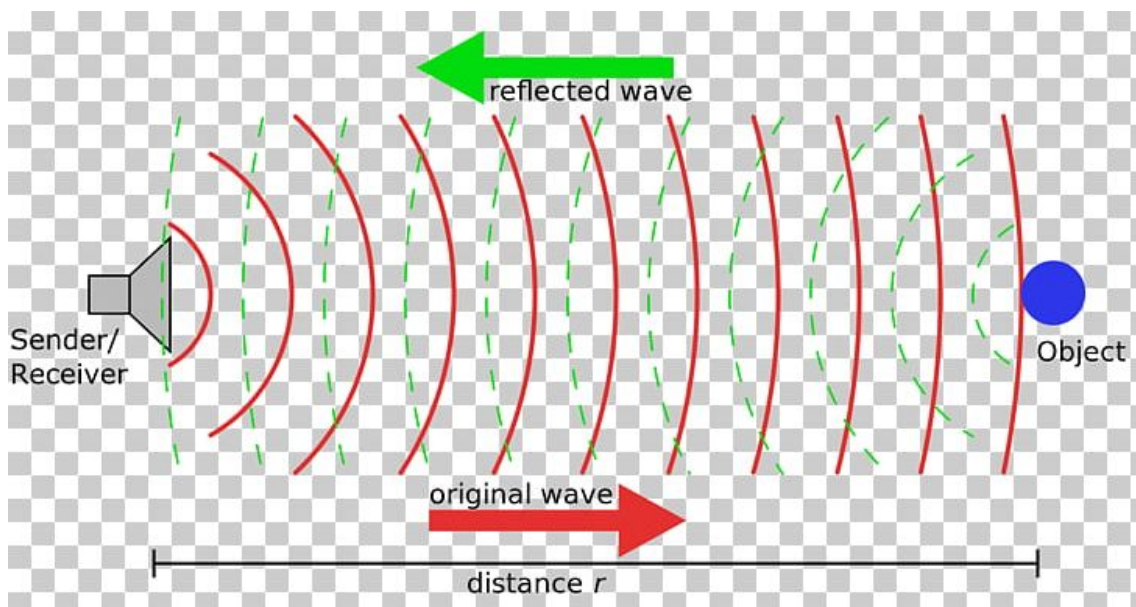


Ilustración 12. Radar trans-recep pic. Fuente [10]

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Generalmente los radares utilizan la misma antena, para transmitir y recibir los pulsos, por lo que se genera la denominada como “distancia ciega”, es aquella que se produce en el lapso de tiempo, entre que la señal se emite y regresa, sin poder ser detectada ya que la antena radar permanece aun en fase de emisión. En esta franja de espacio el radar es totalmente inútil.

Si deseásemos saltarnos esta “distancia ciega”, alteraríamos la transmisión de los pulsos de radar para volverlos más cortos. No obstante, esto es hasta un cierto punto, ya que existe la conocida como “distancia máxima sin ambigüedad”, en donde la señal inevitablemente regresará a la antena mientras ésta, envía el siguiente pulso, siendo imposible para el usuario poder distinguir ningún eco.

Por lo tanto si deseásemos detectar blancos a corta distancia, sabemos que debemos ajustar la antena a menor potencia, emitiendo pulsos más cortos, pero también obtendremos ecos más débiles.

Actualmente los radares se ajustan automáticamente, hasta tal punto que existen modelos, que lanzan por si solos pulsos para detección de blancos, a corta y larga distancia.

Principio medición de velocidad. Similar al cálculo de distancia, la principal diferencia es el almacenamiento de datos de su posición en cada momento, a razón de ir recibiendo sus pulsos, el sistema va calculando la diferencia entre uno y otro durante el tiempo transcurrido, obteniendo la velocidad del objetivo.

Los radares, también pueden recurrir al efecto Doppler, para realizar los cálculos de velocidad. Al recibir la señal del objetivo, si está en movimiento, obtendrán la frecuencia de la señal desplazada, y así haciendo un seguimiento de la posición obtienen el dato deseado.

Para finalizar podemos añadir los tipos de antenas que podemos encontrar, tenemos las conocidas como antenas “radome”, que se encuentran cubiertas por una esfera de plástico, y las antenas abiertas, estas últimas podemos verlas girar y son generalmente mayores, logrando obtener rangos mayores. [11]

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 13. Antena radar radome. Fuente [12]



Ilustración 14. Antenas banda S y X, Volcan de Tinamar. Fuente (Trabajo de campo)

Descripción VDR

Llamadas comúnmente cajas negras y en los transportes marítimos denominados como VDR (Voyage Data Recorder). Su función, es la de almacenar la información relevante a la navegación, para ser posteriormente analizados en caso de accidente, o con el fin de economizar la operativa del buque, y controlar el mantenimiento del mismo.

Este dispositivo es obligatorio para buques de una envergadura considerable, o que desempeñan tareas de riesgo.



Ilustración 15. Recipiente VDR buque Volcan de Tijarafe. Fuente (Trabajo de campo)

Regulado por la OMI, en su resolución A.861, los dispositivos VDR, han de haber sido fabricados bajo la norma CEI 61996.

Podemos encontrar equipos VDR en pequeñas embarcaciones, conocidos como VDR-S (VDR Simplificado), y que están regulados por la circular de la OMI MSC.163(78).

El sistema va conectado a diferentes equipos del puente, y gracias a esto es capaz de registrar los datos citados a continuación.

- *Grabación de las comunicaciones mediante VHF*
- *Registro del radar*
- *Profundidades registradas por la sonda*
- *Grabación sonido ambiente del puente*
- *Ubicación GPS del buque, así como velocidad, rumbo, fecha y hora.*
- *Registro del ángulo del timón*
- *Registro de las revoluciones de la máquina y el paso de la hélice*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

- *Condiciones de viento (velocidad y dirección)*

El equipo VDR se compone por tres partes fundamentales.

- *Unidad de almacenamiento, compuesta por un disco duro de gran capacidad, y diferentes interfaces para la interconexión de los equipos con el VDR.*
- *Unidad de reproducción, se trata de un ordenador, únicamente con capacidad de visualización de los datos grabados en la unidad de almacenamiento.*
- *Unidad de almacenamiento protegida, consiste en un disco duro de gran capacidad, que va en el interior de un recipiente flotante de alta resistencia, que está instalado en la cubierta exterior del buque. El dispositivo almacena la información referente a los últimos días.*

El recipiente que custodia estos datos, es resistente a impactos, inmersiones, incendios. Cabe destacar que el recipiente, va fijado a la cubierta mediante un dispositivo que posee una zafa hidrostática. Si el buque se hunde, la zafa a cierta profundidad, romperá la sujeción a la embarcación y el recipiente saldrá a flote.

[13]

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 16. Recipiente VDR buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

DESARROLLO SRCM

Debido a la gran cantidad de colisiones y abordajes que suceden en la mar, nace el sistema SRCM, en busca de simplificar la navegación y facilitar la toma de decisiones para así poder hacer del mar un lugar más seguro.



Ilustración 17. Equipos puente Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

En un buque contamos con diversos equipos que nos ayudan a la navegación, el SRCM se implantará en algunos de ellos para simplificar el funcionamiento del sistema.

El SRCM, actuará solamente cuando sea necesario, por ejemplo, cuando dos buques se encuentren rumbo a colisión. No obstante, la intervención del SRCM no es automática, y debe ser el oficial de guardia el que active al mismo, para que genere las ordenes resolutorias al conflicto en cuestión. El dispositivo calculará cambios de rumbo y velocidad, con los que poder evitar el conflicto, y pondrá en conocimiento de los oficiales de guardia, que deben hacer. Siguiendo estas instrucciones obtenidas, no habrán maniobras temerarias, ni se sucederán situaciones de riesgo.

Citamos los equipos en conexión, y el papel que juegan con el SRCM.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

El primero a tener en cuenta es el sistema AIS (Automatic Identification System), se apoyaría de este para obtener la información pertinente referente a destino, rumbo, velocidad y posición.

También utilizará la carta electrónica (ECDIS) para marcar el eco AIS en conflicto y emitirá la orden a realizar por pantalla.

Otro equipo fundamental, para el correcto funcionamiento del SRCM será la información obtenida por los ecos del radar banda S y banda X, con los que nuestro sistema realizará los cálculos pertinentes para dar la orden de maniobra en ambos buques. También nos aparecerá por pantalla el eco conflictivo remarcado y la orden a realizar.

El SRCM está integrado en los principales equipos de ayuda a la navegación del puente, para el todos son importantes, necesita una buena comunicación con todos ellos, y por esto, mantener un mantenimiento adecuado, evitará posibles averías o malos funcionamientos.

Modo de uso y funcionamiento

En este apartado, atacaremos la sección más interesante para el usuario, y es como no, el funcionamiento e interacción con la máquina.

Uno de los aspectos a tener en cuenta con este aparato es, la gran función que desempeña y la facilidad de manejo que posee. Se le ha dotado de una interacción con el usuario muy intuitiva, en la que con apenas unas directrices básicas se podrá operar con el, sin ningún tipo de problema.

Tenemos dos aparatos por los que recibiremos la orden del sistema, aparecerá en la pantalla del ECDIS, y en la pantalla del radar.

Pero antes de recibir la orden del radar, el usuario debe haber seleccionado el objetivo a analizar por el SRCM, esta función se ha diseñado de este modo para evitar una sobrecarga de maniobras. Es decir, en zonas cercanas a puerto o con mucha afluencia de tráfico, a pesar de que el sistema está activo en todo momento, no nos emitirá ordenes deliberadamente, tendremos que ser nosotros quien le solicitemos una solución al conflicto, con las embarcaciones que consideremos.

Ahora bien, ¿Cómo seleccionamos objetivos, para obtener una respuesta por parte del SRCM?. Se ha dotado de una interacción entre el usuario y el SRCM, de alta eficacia y sencillez.

Con la instalación del SRCM, la navegación será igual que siempre, con la ventaja de que tendremos a nuestra elección hacer al sistema entrar en escena. Para esto, nos dirigiremos al radar, que es donde podremos activar el novedoso dispositivo.

El radar, adquiere objetivos, manipulándolo mediante el ratón del siguiente modo.



Ilustración 18. Ratón radar buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

- *Ponemos el cursor sobre un eco en concreto, y damos un solo “click” sobre el botón izquierdo del ratón, el radar interpretará que solicitamos conocer el movimiento del blanco que hemos seleccionado. El radar realizará los cálculos pertinentes y pasados unos instantes, veremos en la pantalla que el eco posee un vector de rumbo (hacia donde se produce el movimiento del objeto).*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

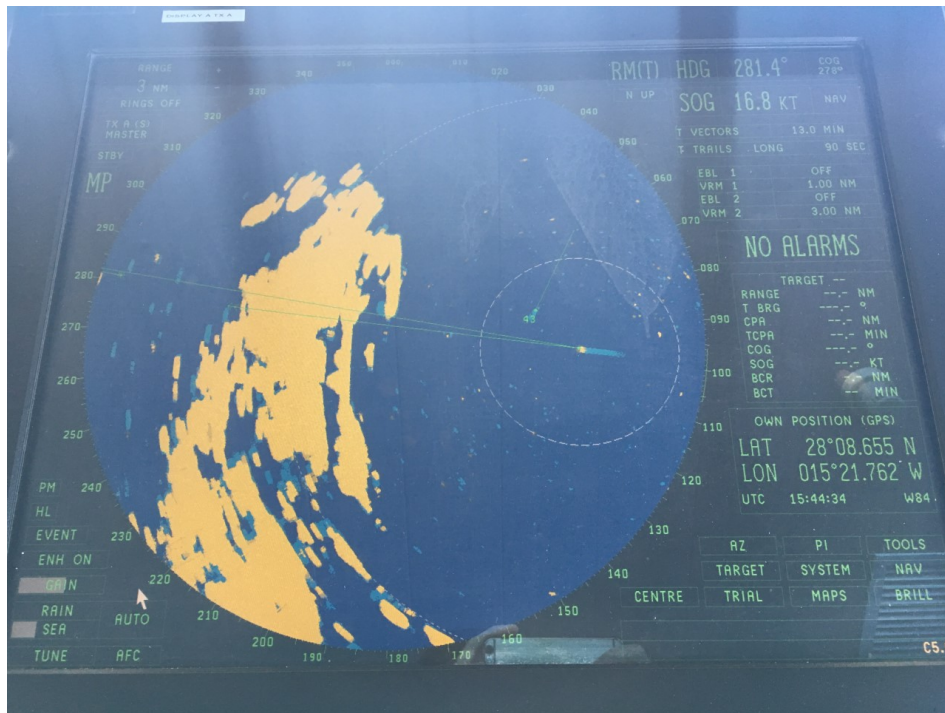


Ilustración 19. Ploteo1 buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

- Sobre el eco que marcamos anteriormente con un “click” (si es un nuevo objetivo clicando dos veces sobre el), y ahora posee un rumbo en la pantalla, con el cursor sobre el aplicamos otro “click”, el radar interpreta, que deseamos plotear a dicho objeto, se nos muestra la información referente al blanco, generando por pantalla una tabla con:
 - **RANGO** (Distancia a la que nos encontramos del objetivo)
 - **BEARING** (Angulo que forma el objeto entre su proa y el norte)
 - **CPA** (Closest Point of Approach, distancia más cercana a pasar)
 - **TCPA** (Time CPA, tiempo que tardará en pasar a dicha distancia)
 - **COG** (Course Over Ground, rumbo del objeto)
 - **SOG** (Speed Over Ground, velocidad registrada del objeto)
 - **BCR** (Bow Cross Range, distancia a la que el objeto nos cortará la proa)
 - **BCT** (Bow Cross Time, tiempo que falta para que el objeto corte la proa)

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

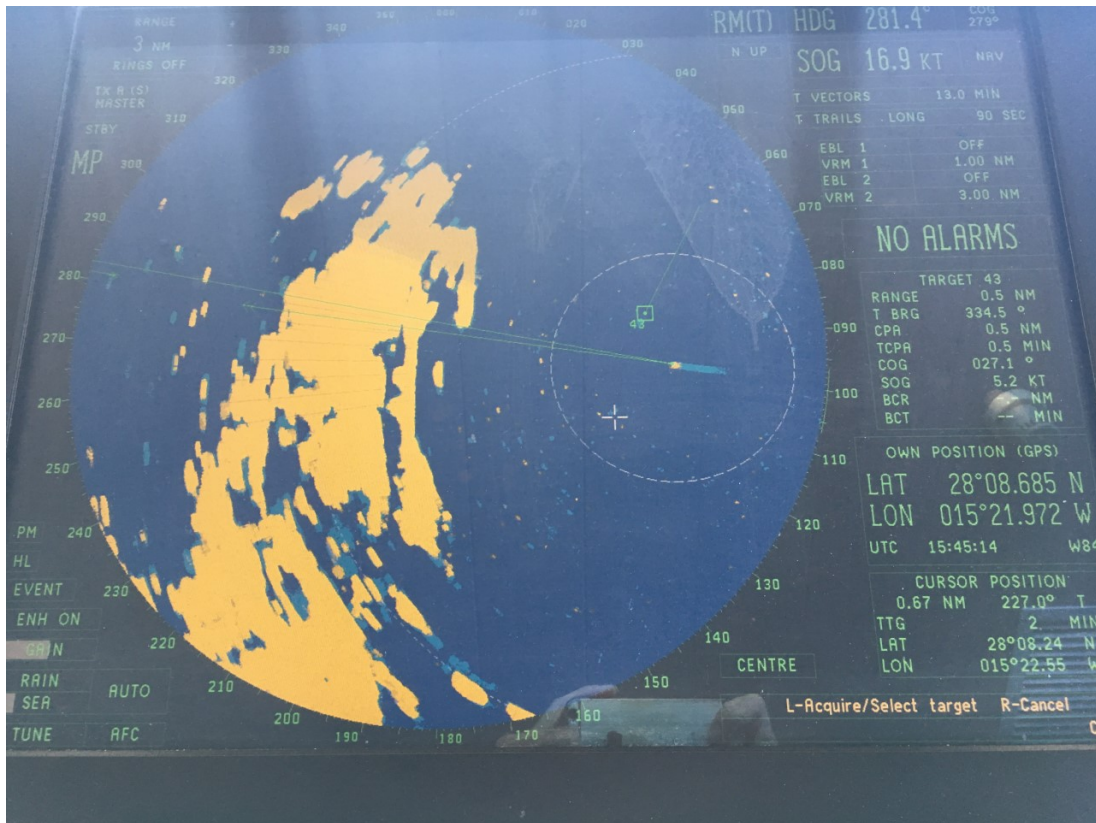


Ilustración 20. Ploteo2 buque Al Andalus Express. Fuente (Trabajo de campo)

- Si lo que deseamos es activar el SRCM, pondremos el cursor sobre el eco deseado y haciendo "click" con el botón derecho del ratón, obtendremos dos opciones posibles. Si ya habíamos adquirido el objetivo, nos da la opción de desechar el objetivo y por lo tanto eliminar el ploteo, la segunda opción que nos aparece, independientemente, de si se había ploteado con anterioridad el blanco o no, será "Ploteo SRCM". Esta opción una vez activada generará una orden de cambio de rumbo y velocidad se fuese preciso, tanto a nuestro barco como a la otra u otras embarcaciones implicadas.

El ploteo SRCM, una vez activado, se comunicará con el SRCM del otro buque, calcularán los rumbos alternativos para evitar una situación de riesgo, y presentará tanto por la pantalla del radar como por la del ECDIS, una ventana con la orden de la maniobra a realizar, simultáneamente, la otra embarcación implicada recibirá la orden con su correspondiente maniobra. Cada vez que realicemos un "ploteo SRCM" a otro barco, éste

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

recibirá una señal acústica y se le autoploteará mediante SRCM nuestro buque, de esta manera ya quedará en preaviso de un conflicto, y extremará la precaución. Tendrá en su radar a nuestro barco ploteado, mediante el sistema SRCM automáticamente, y recibirá la orden de maniobra correspondiente.

El sistema SRCM, tendrá en cuenta el entorno que le rodea, la situación en la que se encuentran los otros barcos (sin gobierno, restringido por su calado, etc) a la hora de toma de decisiones. De este modo, el SRCM, se adapta a cualquier situación, ofreciendo siempre la maniobra más segura y eficaz.

Este dispositivo debe ser de obligada implantación, como el sistema AIS, en los buques sometidos al convenio SOLAS con las siguientes características.

- *Buques con un arqueo bruto de 500 GT o superior.*
- *Buques con un arqueo bruto de más de 300 GT y que realice travesías internacionales.*
- *Todos los barcos destinados al transporte de pasajeros, independientemente de su tamaño.*

Aunque no de manera inmediata, todos los barcos deben ir adoptando el sistema SRCM. Será obligada la implantación instantánea para aquellos buques de nueva construcción, o aquellos que instalen el nuevo dispositivo VDR.

Para las pequeñas embarcaciones, o las que queden fuera de la obligación inicial, es altamente recomendable su instalación.

No obstante existirá un número considerable de pequeñas embarcaciones, que no se acogerán a la implantación de este dispositivo, esto a primera impresión, nos podría suponer una brecha en la seguridad para los barcos que sí lo llevan instalado, pero NO. A esta eventualidad, el sistema adquiere un comportamiento de alerta. En el supuesto caso de que queramos realizar un "ploteo SRCM" a una embarcación que no posee dicho sistema, nos aparecerá por pantalla acompañado de un aviso acústico, el mensaje siguiente, "SRCM NO DISPONIBLE, EXTREMAR LA VIGILANCIA Y SEGUIR EL REGLAMENTO INTERNACIONAL".

La seguridad que otorga el sistema SRCM, es un motivo más que suficiente, para no dudar en actualizar nuestro barco a esta revolucionaria técnica.

Información a disposición del SRCM

En este apartado, revisaremos la información obtenida por cada uno de los equipos, a los que el SRCM está conectado. Esta interconexión es de vital importancia, ya que sin los datos obtenidos por los equipos de ayuda a la navegación del puente, el sistema no podría realizar los cálculos de rumbos alternativos, con la consiguiente emisión de órdenes. También citaremos las reglas del código internacional para prevenir abordajes, introducidas en la memoria del SRCM, éstas serán una pieza clave a la hora de la toma de decisiones del aparato.

1. **ECDIS.** *De la carta electrónica, obtendremos la información referente al entorno que rodea a nuestro buque, ya sea fondo marino, distancias a costas, peligros tales como pecios, entre otros. Con esta información, la respuesta obtenida por el SRCM no entrará en conflicto con zonas de peligro.*
2. **GPS.** *El sistema GPS, es a día de hoy el principal sistema de posicionamiento utilizado a nivel mundial. El equipo utilizará esta información, con la finalidad de mantenerse constantemente posicionado y así prevenir cualquier situación de riesgo.*
3. **AIS.** *Este equipo, además de dar datos de la posición, velocidad y rumbo de los buques en nuestras inmediaciones, nos dará el estado de cada uno de ellos. Así si el barco que está en conflicto con nuestro rumbo, si posee marcado en el AIS, el indicativo de maniobra restringida u algún otro tipo de restricción especial, el SRCM lo tendrá en cuenta a la hora de generar una resolución al problema. Obteniendo así una orden perfecta adaptada a cada situación.*
4. **Radar.** *El radar, nos facilitará la posición concreta de las embarcaciones cercanas a nosotros, a la hora de tenerlo ploteado mediante el modo SRCM, también obtendremos por este rumbo de dicho barco, velocidad, rango, CPA y TCPA.*
5. **VDR.** *Al estar conectado a este equipo, quedará registrado en todo momento las ordenes emitidas por el SRCM.*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

Reglamento Internacional para la prevención de abordajes (RIPA)

Este reglamento estará integrado en la base de datos del SRCM, y lo tendrá en cuenta a la hora de generar rumbos alternativos cumpliendo el RIPA. Para un mejor entendimiento el RIPA, esta dividido en varias reglas, en función de su aplicación.

Reglas 1-3 GENERALES

REGLA 1

Ámbito de aplicación

El presente Reglamento se aplicará a todos los buques que estén en alta mar y en todas las aguas que tengan comunicación con ella y sean navegables.

REGLA 2

Responsabilidad

Ninguna disposición del presente Reglamento eximirá a un buque, o a su propietario, al capitán o a la dotación del mismo, de las consecuencias de cualquier negligencia en el cumplimiento de este Reglamento o de negligencia en observar cualquier precaución que pudiera exigir la práctica normal del marino o las circunstancias especiales del caso.

REGLA 3

Definiciones generales

A los efectos de este Reglamento, excepto cuando se indique lo contrario:

a) La palabra "buque" designa toda clase de embarcaciones, incluidos los aerodeslizadores (cuando navegan sin desplazamiento) y los hidroaviones, utilizadas o que puedan ser utilizadas como medio de transporte sobre el agua.

b) La expresión "buque de propulsión mecánica", significa todo buque movido por una máquina.

c) La expresión "buque de vela", significa todo buque navegando a vela, siempre que su maquinaria propulsora, caso de llevarla, no se esté utilizando.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

d) La expresión "Buque dedicado a la pesca", significa todo buque que esté pescando con redes líneas, aparejos de arrastre u otros artes de pesca que restrinjan su maniobrabilidad; esta expresión no incluye a los buques que pesquen con curricán u otro arte de pesca que no restrinja su maniobrabilidad.

e) La palabra "Hidroavión" designa a toda aeronave proyectada para maniobrar sobre las aguas.

f) La expresión "Buque de gobierno", significa todo buque que por cualquier circunstancia excepcional es incapaz de maniobrar en la forma exigida por este Reglamento y, por consiguiente, no puede apartarse de la derrota de otro buque.

g) La expresión "Buque con Capacidad de Maniobra Restringida", incluirá pero no se limitará a: todo buque que, debido a la naturaleza de su trabajo tiene reducida su capacidad para maniobrar en la forma exigida por este Reglamento y, por lo tanto, no puede apartarse de la derrota de otro buque.

Se considerará que tienen restringida su capacidad de maniobra, los buques siguientes:

I) Buques dedicados a colocar, reparar o recoger marcas de navegación, cables o conductos submarinos.

II) Buques dedicados a dragados, trabajos hidrográficos, oceanográficos u operaciones submarinas.

III) Buques en navegación que estén haciendo combustible o transbordando carga, provisiones o personas.

IV) Buques dedicados al lanzamiento o recuperación de aeronaves.

V) Buques dedicados a operaciones de limpieza de minas.

VI) Buques dedicados a operaciones de remolque que por su naturaleza restrinjan fuertemente al buque remolcador y su remolque en su capacidad para separarse de su derrota.

h) La expresión "Buque restringido por su calado" significa un buque de propulsión mecánica que, por razón de su calado en relación con la profundidad y la anchura disponible de agua, tiene muy restringida su capacidad de apartarse de la derrota que está siguiendo.

i) La expresión "en navegación", se aplica a un buque que no está ni fondeado ni amarrado a tierra, ni varado.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

j) Por "eslora" y "manga" se entenderá la eslora total y la manga máxima del buque.

k) Se entenderá que los buques están a la vista uno del otro únicamente cuando uno puede ser observado visualmente desde el otro.

l) La expresión "visibilidad reducida" significa toda condición en que la visibilidad está disminuida por niebla, bruma, nieve, fuertes aguaceros, tormentas de arena o cualesquiera otras causas análogas.

Reglas 4-10 CUALQUIER CONDICION DE VISIBILIDAD

REGLA 4

Ámbito de aplicación

Las reglas de la presente sección se aplicarán en cualquier condición de visibilidad.

REGLA 5

Vigilancia

Todos los buques mantendrán en todo momento una eficaz vigilancia visual y auditiva utilizando asimismo todos los medios disponibles a bordo que sean apropiados a las circunstancias y condiciones del momento, para evaluar plenamente la situación y el riesgo de abordaje.

REGLA 6

Velocidad de seguridad

Todo buque navegará en todo momento a una velocidad de seguridad tal, que le permita ejecutar la maniobra adecuada y eficaz para evitar el abordaje y pararse a la distancia que sea apropiada a las circunstancias y condiciones del momento.

Para determinar la velocidad de seguridad, en todos los buques se tendrán en cuenta entre otros, los siguientes factores:

I) El estado de la visibilidad.

II) La densidad de tráfico, incluidas las concentraciones de buques de pesca o de

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

cualquier otra clase.

III) La maniobrabilidad del buque, teniendo muy en cuenta la distancia de parada y la capacidad de giro en las condiciones del momento.

IV) De noche, la existencia de resplandor, por ejemplo el producido por luces de tierra o por el reflejo de las luces propias

V) El estado del viento, mar y corriente, y la proximidad de peligros para la navegación.

VI) El calado en relación con la profundidad disponible de agua.

REGLA 7

Riesgo de abordaje

Se considerará que existe riesgo de abordaje, si la demora de un buque no varía en forma apreciable y la distancia disminuye. En caso de abrigarse alguna duda, se considerará que el riesgo existe.

REGLA 8

Maniobras para evitar el abordaje

a) Si las circunstancias del caso lo permiten, toda maniobra que se efectúe para evitar un abordaje será llevada a cabo de forma clara, con la debida antelación y respetando las buenas costumbres marineras.

b) Si es necesario, con objeto de evitar un abordaje o de disponer de más tiempo para estudiar la situación, el buque reducirá su velocidad o suprimirá toda la arrancada parando o invirtiendo sus medios de propulsión.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 21. Maniobra aproximación. Fuente (Trabajo de campo)

REGLA 9

Canales angostos

- a) *Los buques que naveguen a lo largo de un canal o paso angosto, se mantendrán lo más cerca posible del límite exterior del paso o canal que quede por su costado de estribor, siempre que pueda hacerlo sin que ello entraña peligro.*
- b) *Los buques de eslora inferior a 20 metros, los buques de vela o los buques dedicados a la pesca, no estorbarán el paso de un buque que sólo pueda navegar con seguridad dentro de un paso o canal angosto.*
- c) *Siempre que las circunstancias lo permitan, los buques evitarán fondear en un paso o canal angosto.*

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

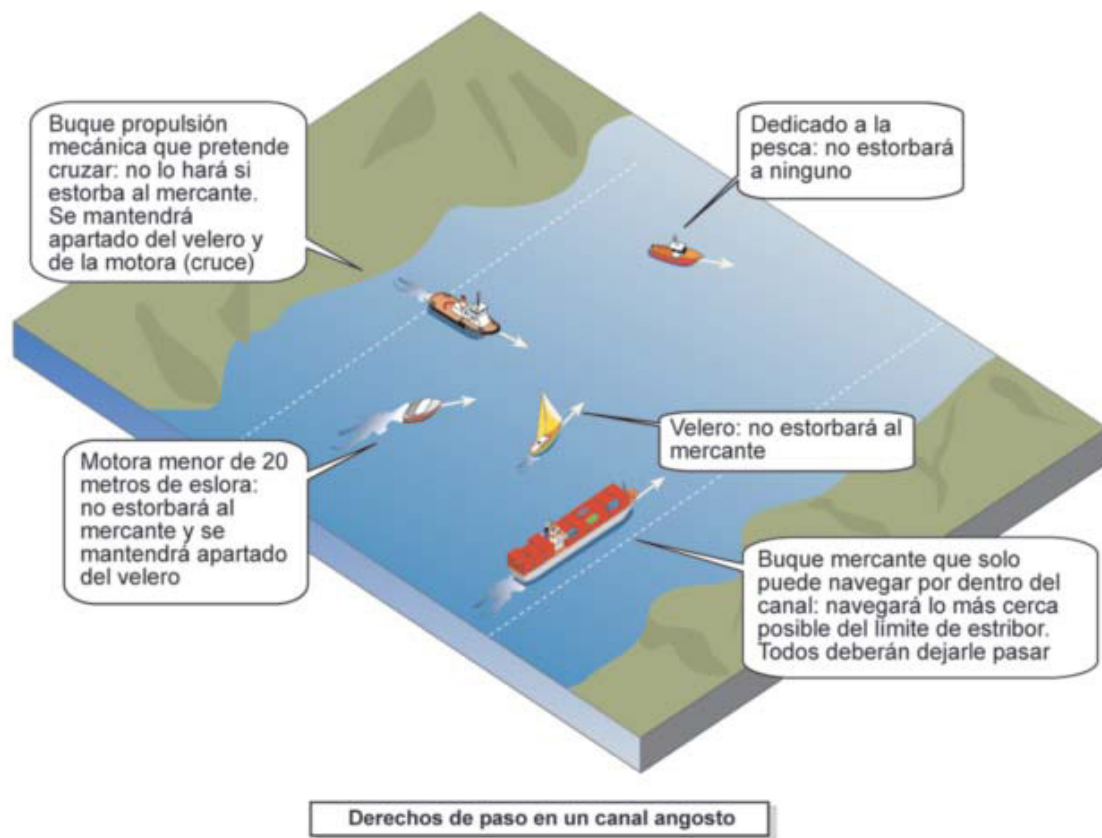


Ilustración 22. Canales angostos. Fuente [14]

REGLA 10

Dispositivos de separación de tráfico

a) Esta Regla se aplica a los dispositivos de separación de tráfico adoptados por la Organización Marítima Internacional.

b) Los buques que utilicen un dispositivo de separación de tráfico deberán:

I) Navegar en la vía de circulación apropiada, siguiendo la dirección general de la corriente de tráfico indicada para dicha vía.

II) En lo posible, mantener su rumbo fuera de la línea de separación o de la zona de separación de tráfico.

III) Normalmente, al entrar en una vía de circulación o salir de ella, hacerlo por sus extremos, pero al entrar o salir de dicha vía por uno de sus límites laterales, hacerlo

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

con el menor ángulo posible en relación con la dirección general de la corriente de tráfico.

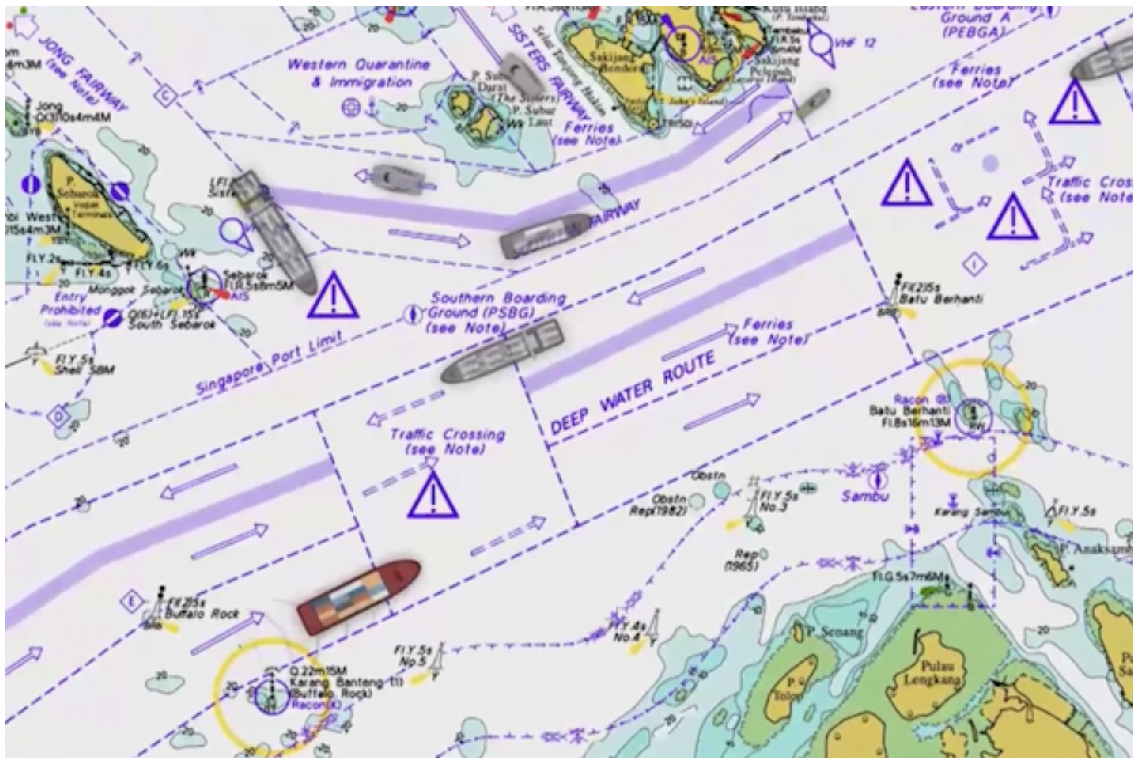


Ilustración 23. Dispositivo separación tráfico. Fuente [15]

c) Siempre que puedan, los buques evitarán cruzar las vías de circulación, pero cuando se vean obligados a ello, lo harán lo más aproximadamente posible en ángulo recto con la dirección general de la corriente del tráfico.

d) Los buques de eslora inferior a 20 metros y los buques de vela podrán utilizar las zonas de navegación costera en cualquier circunstancia.

e) Los buques que no estén cruzando una vía de circulación o que estén entrando o saliendo de ella, no entrarán normalmente en una zona de separación ni cruzarán una línea de separación excepto:

I) En caso de emergencia para evitar un peligro inmediato.

II) Para dedicarse a la pesca en una zona de separación.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

f) Siempre que puedan, los buques evitarán fondear dentro de un dispositivo de separación de tráfico o en las zonas próximas a sus extremos.

g) Los buques dedicados a la pesca, buques de eslora inferior a 20 mts. y buques de vela no estorbarán el tránsito de cualquier buque que navegue en una vía de circulación.

Reglas 11-18 BUQUES A LA VISTA UNO DEL OTRO

REGLA 11

Ámbito de aplicación

Las reglas de esta sección se aplican solamente a los buques que se encuentren a la vista uno del otro

REGLA 12

Buques de vela

a) Cuando dos buques de vela se aproximen uno al otro, con riesgo de abordaje, uno de ellos se mantendrá apartado de la derrota del otro en la forma siguiente:

I) Cuando cada uno de ellos reciba el viento por bandas contrarias, el que lo reciba por babor se mantendrá apartado de la derrota del otro.

II) Cuando ambos reciban el viento por la misma banda, el buque que está a barlovento se mantendrá apartado de la derrota del que está a sotavento.

III) Si un buque que recibe el viento por babor avista a otro buque por barlovento y no puede determinar con certeza si el otro buque está recibiendo el viento por babor o estribor, se mantendrá apartado de la derrota del otro.

b) Se considerará banda de sotavento, la contraria a la que se lleve cazada la vela mayor.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

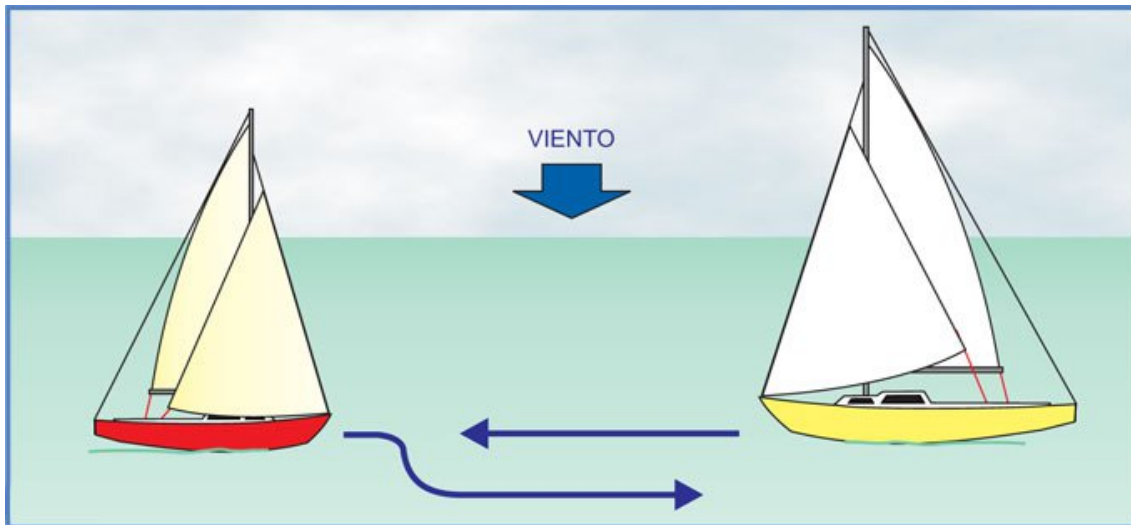


Ilustración 24. Maniobra buque a vela. Fuente [16]

REGLA 13

Buque que alcanza

a) Todo buque que alcance a otro se mantendrá apartado de la derrota del buque alcanzado.

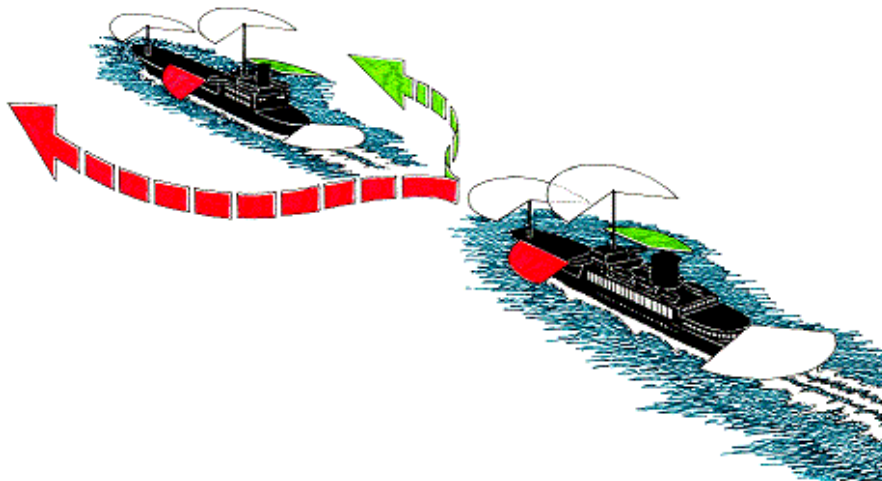


Ilustración 25. Maniobra buque que alcanza. Fuente [17]

b) Se considerará como buque que alcanza a todo buque que se aproxime a otro viniendo desde una marcación mayor de $22,5^\circ$ a popa del través de este último, es decir que se encuentra en una posición tal respecto del buque alcanzado, que de noche solamente le sea posible ver la luz de alcance y ninguna de sus luces de costado.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

c) Cuando un buque abrigue dudas de si está alcanzando o no a otro buque, considerará que lo está haciendo y actuará como buque que alcanza.

REGLA 14

Situación de "vuelta encontrada"

- a) Cuando dos buques de propulsión mecánica naveguen de vuelta encontrada a rumbos opuestos o casi opuestos, con riesgo de abordaje, cada uno de ellos caerá a estribor de forma que pase por la banda de babor del otro.
- b)

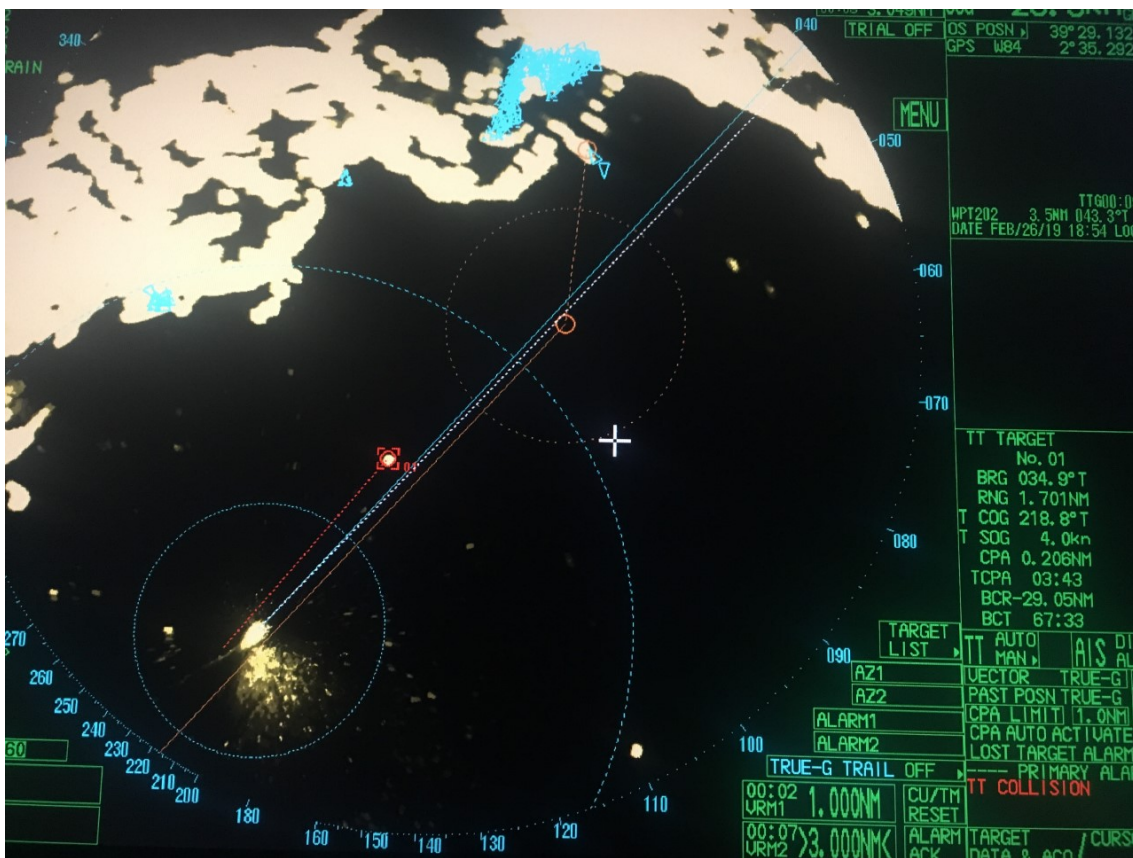


Ilustración 26. Imagen radar vuelta encontrada. Fuente (Trabajo de campo)

REGLA 15

Situación de "cruce"

Quando dos buques de propulsión mecánica se crucen con riesgo de abordaje, el buque que tenga al otro por su costado de estribor, se mantendrá apartado de la derrota de este otro, y si las circunstancias lo permiten, evitará el cortar la proa.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

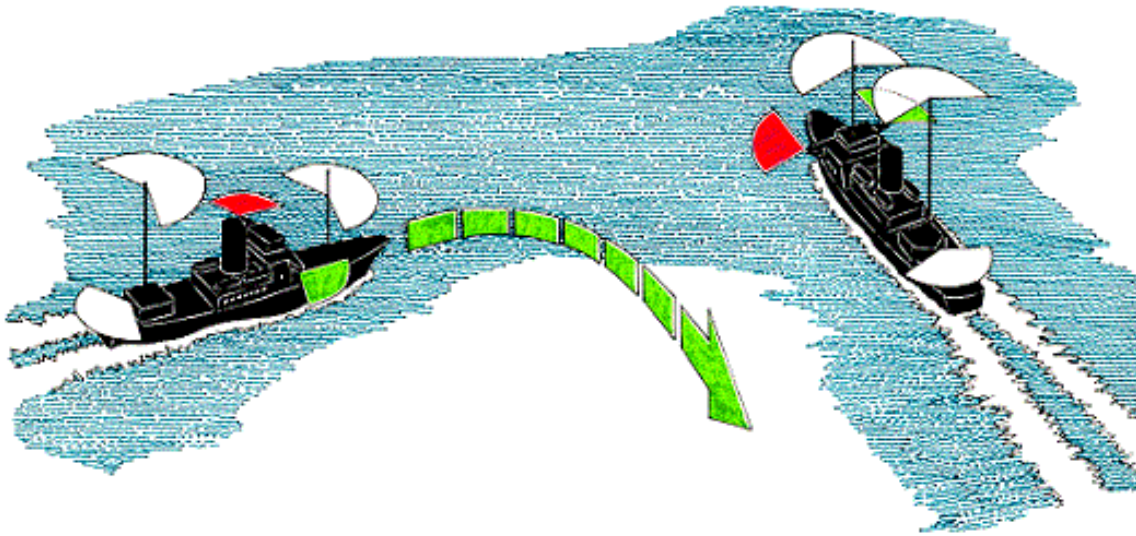


Ilustración 27. Maniobra situación de cruce. Fuente [17]

REGLA 16

Maniobra del buque que "cede el paso"

Todo buque que esté obligado a mantenerse apartado de la derrota de otro buque, maniobrará, en lo posible, con anticipación suficiente y de forma decidida para quedar bien franco del otro.

REGLA 17

Maniobra del buque que "sigue a rumbo"

Cuando uno de los dos buques deba mantenerse apartado de la derrota del otro, este último mantendrá su rumbo y velocidad.

REGLA 18

Obligaciones entre categorías de buques

Sin perjuicio de lo dispuesto en las Reglas 9, 10 y 13, el orden de preferencia entre buques es el siguiente:

- 1.- Un buque sin gobierno.
- 2.- Un buque con capacidad de maniobra restringida.
- 3.- Un buque restringido por su calado.
- 4.- Un buque dedicado a la pesca.
- 5.- Un buque de vela.

6.- Buques de propulsión mecánica, remolcador y práctico (los tres tienen la misma preferencia).

7.- Hidroavión.

Regla 19 BUQUES EN CONDICION DE VISIBILIDAD REDUCIDA

REGLA 19

Conducta de los buques en condiciones de visibilidad reducida

a) Todos los buques navegarán a una velocidad de seguridad adaptada a las circunstancias y condiciones de visibilidad reducida del momento. Los buques de propulsión mecánica tendrán sus máquinas listas para maniobrar inmediatamente.

b) Si la maniobra consiste en un cambio de rumbo, en la medida de lo posible se evitará lo siguiente:

I) Un cambio de rumbo a babor, para un buque situado a proa del través, salvo que el otro buque esté siendo alcanzado.

II) Un cambio de rumbo dirigido hacia un buque situado por el través o a popa del través.

c) Salvo en los casos en que se haya comprobado que no existe riesgo de abordaje, todo buque que oiga, al parecer a proa de su través, la señal de niebla de otro buque, o que no pueda evitar una situación de aproximación excesiva con otro buque situado a proa de su través, deberá reducir su velocidad hasta la mínima de gobierno. Si fuera necesario, suprimirá toda su arrancada y en todo caso navegará con extrema precaución hasta que desaparezca el peligro de abordaje. (encvirtual, s.f.)

[18]

Posibles escenarios y actuación del SRCM

A continuación nos pondremos en diferentes situaciones en donde analizaremos como el sistema nos podrá resolver cualquier complicación, anticipándose al peligro y llevándonos a hacer una maniobra sencilla y eficaz.

El escenario principal en el que nos vamos a situar, acontece la noche del 25 de Julio de 1956, lamentablemente es un caso real.

Nos situamos en la costa Este de EEUU, concretamente en Nantucket, se ha formado niebla, dos barcos, el buque de pasaje sueco “Stockholm”, y el transatlántico italiano “Andrea Doria”, a pesar de haberse detectado con 12 millas de antelación, sufren un terrible abordaje.

El “Andrea Doria”, era un buque italiano considerado de los más lujosos del momento, tenía una eslora de 213,4 metros, y 27,5 metros de manga, 29.083 GT y una capacidad para 1241 pasajeros. Destinado a cubrir la línea entre Génova y Nueva York, era capaz de alcanzar una velocidad máxima de 26,2 nudos. No obstante su competencia inglesa, era capaz de cubrir la travesía en dos días menos.



Ilustración 28. Imagen SS Andrea Doria. Fuente [19]

El “Andrea Doria” fue construido siguiendo el convenio SOLAS de 1948, y a pesar de poseer once compartimentos estancos, estos no sobrepasaban mas allá de cubierta y

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

media sobre la línea de flotación, lo que significaba que con una escora de unos 20º su estabilidad y estanqueidad se verían gravemente comprometidos.

El capitán del transatlántico, Piero Calamai, era un marino con mas de 39 años de experiencia, que a lo largo de su carrera, demostró unas aptitudes mas que sobresalientes.

Habiendo zarpado de Génova el 17 de Julio de 1956, el buque transportaba a 572 tripulantes y 1134 pasajeros.

A las 15:00, estaban atravesando, con niebla, el Golfo de Maine. El atraque en Nueva York estaba previsto para las 09:00 del día siguiente, por lo que cualquier clase de retraso, afectaría a los pasajeros, y ocasionaría gastos para la naviera.

El capitán, ordeno cerrar puertas estancas, activar el radar, dar una pitada larga cada 100 segundos, y moderar la velocidad de 23 nudos a 21,8 nudos.

En aquella época, los barcos procedentes de Europa, que se dirigían a Nueva York, hacían recalada en el buque faro de Nantucket, que se encontraba fondeado a 51 millas de la isla. A las 21:30 el transatlántico italiano, detecta en su radar al buque faro a 17 millas por su proa. A las 22:20, pasan a una milla del Nantucket sin ver su luz.

El buque "Stockholm", construido en Suecia, tenía una eslora de 159,9 metros, una manga de 21,1 metros y 12644 GT, transportaba un máximo de 568 pasajeros. Era capaz de desarrollar una velocidad máxima de 19 nudos. Cabe destacar que la nave sueca , estaba diseñada para navegar en zonas heladas, por lo que su proa estaba reforzada.

A las 21:00 en el "Stockholm", el capitán, Nordenson, y el 3er oficial, Cartens, están en el puente. Nordenson estudiaba las cartas y comprobó la meteorología que iban a tener en Nantucket, aunque aún se encontraban a 68 millas. Llegadas las 22:00, el capitán decide abandonar el puente, y da la orden al tercer oficial, de avisarle en caso de ver niebla, llamarle antes de llegar a Nantucket, y que no pasaran a menos de una milla de ningún otro barco.

Hacia las 22:53, a Cartens, le aparece en el radar un eco a unas 12 millas. Ocho minutos antes, en el "Andrea Doria" habían detectado el eco del buque sueco a 17 millas.

Ninguno de los dos barcos, ploteó en el radar los ecos aparecidos respectivamente, maniobra bastante común, ya que un oficial, con algo de experiencia, era capaz de poder realizar la maniobra con "seguridad", con los datos manejados.

Si ambos buques hubieran mantenido sus rumbos, habrían pasado con un CPA, de 0,10-0,25 millas, una distancia excesivamente corta tratándose de buques que navegan a velocidad de servicio, en mar abierto y en condiciones de visibilidad reducida.

El capitán de la embarcación italiana, a las 23:05 teniendo al "Stockholm" a 4 millas, cae 4º a babor, aumentando el CPA hasta 0,42 millas. Esta maniobra fue bastante temeraria, ya que con esta distancia no deja prácticamente espacio al error, además es errónea debido a que el reglamento internacional, especifica que en situación de vuelta encontrada, se debe caer a estribor.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

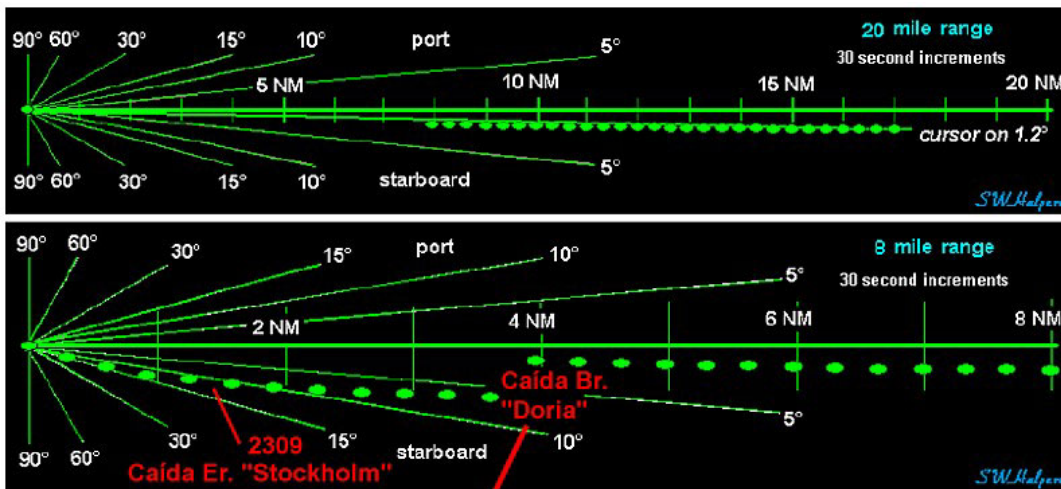


Ilustración 29. Reconstrucción maniobra buque Andrea Doria. Fuente[20]

Esta reconstrucción, realizada por Samuel Halpern, pertenece a la presentación del radar del “Andrea Doria”. En ella podemos observar, que el radar se encuentra en relativo, con el “Andrea Doria” estático en el margen izquierdo, y vemos como se va aproximando el eco de la otra embarcación, hasta el momento de la colisión. En la mitad superior, tenemos un rango de 20 millas, y en la mitad inferior lo recortamos, a un rango de 8 millas.

El timonel italiano, realiza una navegación intachable, prácticamente carente de guiñadas en 45 minutos, como podemos ver en el gráfico.

No obstante, no se pudo demostrar que el buque sueco estuviera en aquel momento a rumbo de colisión, y según el reglamento de 1956, “Calamai” no estaba obligado a caer a estribor.

Es mas, en el antiguo reglamento, en el Artículo 18, se desaconsejaba realizar maniobra alguna, a buques que en situación de vuelta encontrada pasan claros. Por otra parte el Artículo 22, especificaba que para separarse de la derrota de otro barco, se evitaría cortar la proa del mismo. En el nuevo reglamento de 1977 (actual), se acabó con esta posible confusión, disponiendo en su Regla 14, que si existe duda, de si hay o no una situación de vuelta encontrada, se supondrá que existe y ambos buques caerán a estribor.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

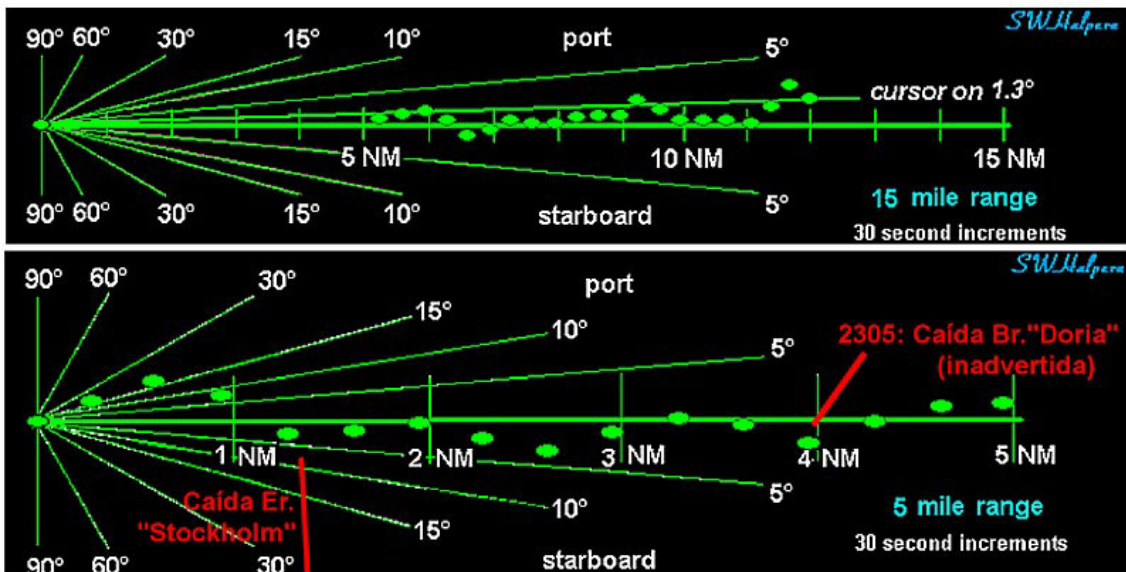


Ilustración 30. Reconstrucción maniobra buque Stockholm. Fuente[20]

En esta reconstrucción, Samuel Halpern, nos muestra el track de radar, desde el "Stockholm". Podemos observar, en la parte superior una escala de 15 millas, y de 5 millas en la inferior, con el eco del "Andrea Doria" haciendo zigzag, esto se debe a que sobre las 22:40, entra de guardia otro timonel en el buque sueco, quien no para de dar guiñadas durante todo este lapso de tiempo.

A bordo del "Stockholm", con tantas guiñadas, Carstens no pudo percatarse, de que tenía al transatlántico italiano por la proa. En breve se encontraría al gigante italiano en su amura de estribor. El oficial sueco, ignorando esto, no dio aviso al capitán ni alteró su rumbo, y pronto se vería envuelto en el banco de niebla donde se encontraba navegando el "Andrea Doria".

Sobre las 23:09, Cartens ordenó caer 26º a estribor. Un minuto después, el oficial sueco pudo ver por babor, las luces del buque italiano a menos de una milla, por lo que puso todo el timón a estribor y dio atrás toda.

Mientras tanto en el puente del navío italiano, se preguntaban, como era posible que no se escuchasen las pitadas de niebla del buque sueco. Hasta que de repente, vieron aparecer por estribor las luces del "Stockholm", Calamai rápidamente ordena meter todo el timón a la banda de babor, y mantener la velocidad. Lamentablemente llegado a ese punto, ya no había manera de evitar el abordaje, y a las 23:11 la proa reforzada del buque sueco, acuchilla el costado de estribor del lujoso buque italiano.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

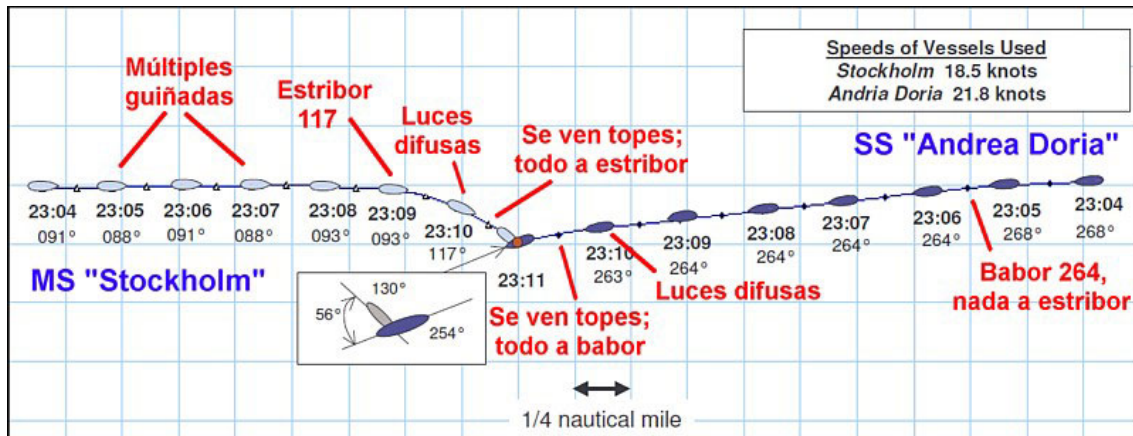


Ilustración 31. Reconstrucción maniobra-abordaje. Fuente [20]

El impacto se produjo a popa del puente del "Andrea Doria", afectando a siete cubiertas de este, con una longitud de 17 metros y una penetración de 15 metros, el buque italiano continuaba navegando, ahora a 16 nudos y con el barco sueco incrustado en su costado de estribor.

Con una inundación asimétrica, el "Andrea Doria" se empezó a escorar a estribor de tal manera, que los botes de babor quedaron totalmente inutilizados. A las 23:20, Calamai envió un mensaje de socorro, y buscando evitar que cundiera el pánico, no dio orden de abandono, en su lugar ordenó a la tripulación que acudiera a sus puestos en los botes, y al pasaje a los puntos de reunión.

El desembarque a los botes salvavidas, se tuvo que improvisar, la creciente escora que tomaba el buque, imposibilitaba no solo utilizar los botes de babor, sino que los de estribor quedaban muy alejados del costado a causa de la mencionada escora. Ahora esa inclinación, había hecho que la cubierta de maniobra de popa se encontrase a unos escasos 5 metros del agua, y desde ahí se llevo a cabo el embarque a los botes.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 32. SS Andrea Doria hiling. Fuente [21]



Ilustración 33. Stockholm bow damages. Fuente [22]

A todo esto el “Stockholm” había perdido unos 20 metros de proa y se mantenía fondeado, ya que sus cadenas se habían desprendido y enganchado en el fondo.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 34. Stockholm pic NY. Fuente [19]

El capitán Calamai, coordino el desembarque y permaneció a bordo, esperando un remolque para varar el buque en una zona con poco fondo.

A las 05:30, justo a la salida del sol, Calamai embarca en un bote salvavidas junto a otros 12 oficiales, y permanecen cerca del transatlántico.

A las 08:00 hace aparición el buque de la Coast Guard "Hornbeam", donde suben Calamai y sus oficiales, para coordinar rápidamente el remolque, pero se prohibió el intento debido a la excesiva escora, y a las 09:45 el "Andrea Doria" lentamente se hunde sobre su costado de estribor.

[20]

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS



Ilustración 35. Andrea Doria sinking. Fuente[20]

Ahora conociendo todos los datos del siniestro, nos sería bastante sencillo, encontrar varias maniobras que hubiesen evitado el fatal desenlace. Pero en una situación, como la sucedida aquella noche, las decisiones no son algo que se pueda tomar fácilmente. Es por ello, por lo que nuestro sistema SRCM será una herramienta totalmente necesaria, para evitar que accidentes de este tipo puedan volver a producirse.

A continuación simularemos que a bordo del “Andrea Doria” y del “Stockholm” tenemos instalado un equipo actual, junto con el solucionador de conflictos SRCM.

Nos trasladamos directamente a las 22:53, el buque sueco navega rumbo al 091º, en ese preciso instante el radar es capaz de detectar un eco, que pertenece a la nave italiana, esta a su vez lleva el rumbo 268º, y también tiene por pantalla al eco correspondiente al buque sueco.

Automáticamente el SRCM, basándose en los datos facilitados por los demás aparatos de a bordo, realiza rápidamente una solución, para generar una maniobra fácil, eficaz, carente de dudas y peligros.

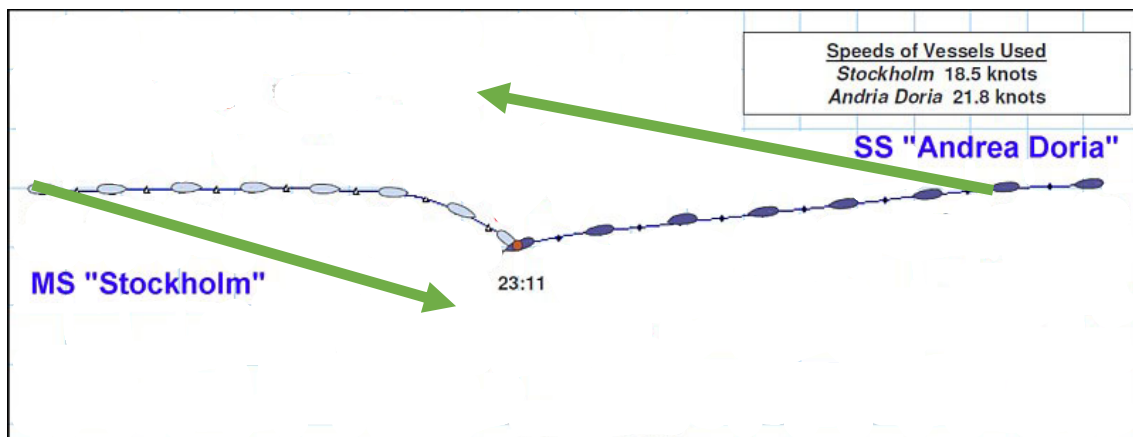
Por algún motivo el radar del buque italiano detecta ocho minutos antes al barco sueco, pero este, ya sea por falta de potencia en la antena u otro motivo, no ha detectado al transatlántico italiano. Si los italianos hubieran tratado de hacer el ploteo SRCM al “Stockholm”, hubieran recibido el mensaje de “eco fuera de rango”, con el que se entiende, que hasta que los dos barcos estén en condiciones de detectarse mutuamente, no se emitirá ninguna resolución.

SISTEMAS DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS MARÍTIMOS

A día de hoy con los avances existentes en los equipos, este desfase a la hora de detectarse no se produciría, pero haremos la simulación tal como se encontraron las cosas aquella noche, en donde demostraremos la facilidad del uso del sistema, incluso en condiciones adversas.

Volviendo a las 22:53 y recién aparecido el "Andrea Doria" en la pantalla de radar del barco sueco, este se les autoplotea en SRCM, y seguido a esto les aparece una resolución SRCM que les indica caer 10º a estribor. En el buque italiano desaparece el mensaje "eco fuera de rango", se les mantiene el ploteo SRCM y a esto se le añade la resolución indicando una caída a estribor de 10º. Con esta simple acción ambos buques se alejan de la derrota del otro, manteniendo un CPA seguro.

En el siguiente croquis, hemos modificado los rumbos tomados por cada buque (El "M/S Stockholm" a la izquierda y el "S/S Andrea Doria" a la derecha), siguiendo las instrucciones del SRCM, y de este modo evitando la colisión.



Si este sistema hubiese estado operativo esa fatídica noche, 51 vidas no se habrían perdido, ni los daños materiales habrían sucedido.

En este caso, es bastante sencillo hacerse a la idea, de como el SRCM habría resuelto la situación de una manera rápida y sin dudas, apoyándose a la información recibida por los equipos de ayuda del puente y basándose en el código internacional para prevenir los abordajes en la mar.

CONCLUSION

El tráfico marítimo ha ido creciendo a nivel global exponencialmente, por lo que habiendo el numero de colisiones y abordajes que hay hoy en día, se requiere de un sistema que sea capaz de solucionar estas situaciones. De esta necesidad surge el SRCM.

Como conclusión de este trabajo de fin de grado, puedo extraer que he podido analizar en profundidad los equipos de ayuda a la navegación del puente. He tenido la suerte de poder conversar con técnicos especializados, quienes me han ayudado en la comprensión del funcionamiento de todos y cada uno de los elementos.

Además he revisado las interconexiones entre equipos, para así comprobar que la instalación del SRCM es viable.

La navegación marítima ha sido uno de los mayores logros que a llevado a cabo la raza humana. Ha cambiado por completo a la sociedad, haciendo llegar cualquier cosa, a cualquier rincón del planeta. No obstante, entraña un gran riesgo, ya que la mar puede convertirse en un medio muy hostil, y la falta de visibilidad u otros factores pueden desembocar en terribles accidentes. Es por ello por lo que el sistema que hemos ideado, daría un cambio radical a la navegación, evitando prácticamente todos los accidentes.

Hemos podido analizar un accidente real, que podía haberse evitado con la instalación del SRCM. Y así prácticamente con todos los sucedidos, comprobamos que a pesar de llevar una buena vigilancia, por malos entendidos y otros factores estos desafortunados incidentes se dan lugar, y este sistema los erradicaría por completo.

El tráfico marítimo ha ido creciendo a nivel global exponencialmente,

Bibliografía.

- [1] <https://www.marineinsight.com/wp-content/uploads/2014/08/collision1.jpg>
- [2] <https://sites.google.com/site/aircraftsafety47/tcas>
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/Traffic_alert_and_Collision_Avoidance_System
- [4] Manual ECDIS SIMRAD
- [5] Manual ECDIS SIMRAD
- [6] www.carvalza.es
- [7] <https://www.carvalza.es/que-es-un-gps>
- [8] <https://www.orbcomm.com/es/networks/satellite-ais>
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Identificación_Automática
- [9] <https://actualidad.rt.com/actualidad/192269-rusia-fragata-invisible-radares>
- [10] <https://imgbin.com/png/pHRuwkKQ/sound-reflection-sonar-wave-ultrasonic-transducer-png>
- [11] <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/marine-radars-and-their-use-in-the-shipping-industry/>
- [12] <https://fineartamerica.com/featured/ship-radar-and-radio-domes-tony-craddock.html>
- [13] <http://www.navegar.com/vdr-rdt/>
- [14] <https://www.practicosdepuerto.es/colegio-federacion/publicaciones/derecho-de-paso-en-las-bocanas-de-los-puertos>
- [15] <http://www.seatrade-maritime.com/news/asia/singapore-launches-new-video-on-navigational-safety.html>
- [16] <http://institutoandaluzdenavegacion.com/reglas-rumbo-gobierno-ripa/>
- [17] https://encvirtual.es/Visita%20PNB/C8/81_a_b/Reglamento1.htm
- [18] https://encvirtual.es/visitaPER/C8/81_a_b/Reglamento1.htm
REGLAMENTO INTERNACIONAL PARA PREVENIR LOS ABORDAJES EN LA MAR (1972)
- [19] <https://cruceoadicto.com/hundimiento-del-andrea-doria-tras-choque-mv-stockholm.html>
- [20] https://www.grijalvo.com/Batracius/y_presentacion.htm
- [21] <https://www.history.com/news/the-sinking-of-andrea-doria>
- [22] <https://www.diariodemallorca.es/palma/2016/11/08/barco-hundio-andrea-doria/1163708.html>