

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

TRABAJO DE FIN DE GRADO.

JUNIO 2019.

# NAVEGACIÓN CON BUQUES NO TRIPULADOS.

**Tutor:** Juan Antonio Rojas Manrique.

**Autor:** Naira María Campos Delgado.

**Grado:** Náutica y Transporte Marítimo.



# Índice.

Introducción.....	<i>Pág. 6.</i>
Abstract.....	<i>Pág. 7.</i>
Objetivos.....	<i>Pág. 8.</i>
1. Introducción a La Navegación.....	<i>Pág. 9.</i>
1.1. Comienzo de la Navegación .....	<i>Pág. 11.</i>
1.1.1 Navegación Antigua .....	<i>Pág. 11.</i>
1.1.2 Navegación a Vela.....	<i>Pág. 11.</i>
1.1.3 De la Navegación a Vela al Vapor .....	<i>Pág. 11.</i>
1.1.4 Navegación más Actual .....	<i>Pág. 12.</i>
1.2. Elementos Utilizados en la Navegación .....	<i>Pág. 13.</i>
1.3. Sistemas de los Avances Tecnológicos Marinos.....	<i>Pág. 14.</i>
1.4. Otro tipo de Avances .....	<i>Pág. 14.</i>
2. Navegación con Buques No Tripulados .....	<i>Pág. 17.</i>
2.1. Buques Autónomos .....	<i>Pág. 18.</i>
2.2. Buques MASS .....	<i>Pág. 19.</i>
2.3. Reglas de las Sociedades de Clasificación de Buques: Lloyd's Register y Bureau Veritas .....	<i>Pág. 20.</i>
2.4. Navegación con Buques No Tripulados .....	<i>Pág. 22.</i>
2.4.1. Centro de Control en Tierra.....	<i>Pág. 23.</i>
2.4.2. Planificación del Viaje.....	<i>Pág. 24.</i>
2.4.3. Navegación Sin Colisiones.....	<i>Pág.26.</i>
2.4.4. Seguridad en La Navegación.....	<i>Pág. 27.</i>

2.4.5. Atraque .....	<b><i>Pág. 27.</i></b>
2.4.6 Puertos .....	<b><i>Pág.28.</i></b>
2.5. Sistemas de Amarre Automatizados.....	<b><i>Pág. 29.</i></b>
2.5.1. Sistemas de Amarre Semiautomático (TTS) .....	<b><i>Pág. 29.</i></b>
2.5.2. Amarre Magnético.....	<b><i>Pág. 30</i></b>
2.5.3. Amarre por vacío .....	<b><i>Pág. 31.</i></b>
2.5.4. Sistema Hidráulico “Shoretension” .....	<b><i>Pág.31.</i></b>
2.6. Elementos que hacen posible la Navegación Autónoma.....	<b><i>Pág. 32.</i></b>
2.6.1. Sensores de Navegación .....	<b><i>Pág.33.</i></b>
2.6.2. Sensores Anticolisión .....	<b><i>Pág. 34.</i></b>
2.6.3. Software.....	<b><i>Pág. 35.</i></b>
2.6.4 e-Loran .....	<b><i>Pág.37.</i></b>
2.7. Regulaciones.....	<b><i>Pág. 37.</i></b>
2.8. Responsabilidad en caso de Accidente .....	<b><i>Pág.42.</i></b>
3. Proyectos de Empresas en Buques Autónomos.....	<b><i>Pág.44.</i></b>
3.1. Proyectos Internacionales Sobre los MASS .....	<b><i>Pág. 45.</i></b>
3.2. Empresas con Proyectos de Buques Autónomos.....	<b><i>Pág. 47.</i></b>
3.2.1. Wartsila.....	<b><i>Pág.48.</i></b>
3.2.2. Rolls Royce y FinFerries .....	<b><i>Pág. 50.</i></b>
3.2.3. Konsberg.....	<b><i>Pág. 52.</i></b>
3.2.4. Darpa (Defense Advanced Research Project Agency) ...	<b><i>Pág.54.</i></b>
3.2.5. Empresa Nippon Yusen Kaisha (NYK).....	<b><i>Pág 56.</i></b>
4. Entrevista a la OMI por Shipyards .....	<b><i>Pág. 57.</i></b>

5. Ventajas y desventajas de un Buque Autónomo .....	<b><i>Pág. 61.</i></b>
Conclusión.....	<b><i>Pág. 64.</i></b>
Bibliografía.....	<b><i>Pág. 65.</i></b>

## Índice de ilustraciones.

Imagen 1. Tipos de buques siglo XV al XIX. ....	<b><i>Pág. 11.</i></b>
Imagen 2. Buque granelero con sistema autónomo de descarga .....	<b><i>Pág.15.</i></b>
Imagen 3. Robot subacuático para mantenimiento de cascos .....	<b><i>Pág. 15.</i></b>
Imagen 4. Centro de Control en Tierra.....	<b><i>Pág. 24.</i></b>
Imagen 5. Sistema de amarre semiautomático. TTS Marine.....	<b><i>Pág. 29.</i></b>
Imagen 6. Sistema de amarre magnético .....	<b><i>Pág. 30.</i></b>
Imagen 7. Sistema de amarre por vacío.....	<b><i>Pág. 31.</i></b>
Imagen 8. Sistema de amarre “Shoretension” .....	<b><i>Pág. 32.</i></b>
Imagen 9. Transbordador “MF Folgefonn” .....	<b><i>Pág. 49.</i></b>
Imagen 10. Ruta en navegación autónoma del buque Falco .....	<b><i>Pág. 50.</i></b>
Imagen 11. Buque Falco.....	<b><i>Pág.51.</i></b>
Imagen 12. Yara Birkeland.....	<b><i>Pág. 53.</i></b>
Imagen 13. Sea Hunter .....	<b><i>Pág. 55.</i></b>

## Índice de tablas.

Tabla 1. Responsabilidad en caso de accidente.....	<b><i>Pág. 43.</i></b>
--	------------------------

## **Introducción.**

El avance de la ciencia hacia máquinas inteligentes y hacia sistemas digitales para su control sin intervención humana, ha hecho que algunas instituciones estén estudiando el tema de los buques sin tripulación, creciendo considerablemente las técnicas para operar naves a control remoto y autónomas.

Empresas inspiradas en tecnología están creando sistemas software y sensores que están siendo de gran ayuda para poner en marcha este tipo de naves. La navegación con buques no tripulados, será controlada mediante ordenadores a control remoto, por lo que algunas sociedades de clasificación han hecho guías para llevar un control en la ciberseguridad y así evitar que posibles hackers o piratas se hagan con el control del buque.

Las naves sin tripulación estarán navegando en muy corto plazo, y se está estudiando cómo afectará a la legislación vigente.

Para ello, tal y como se expone en este trabajo, se estudiará la importancia que está teniendo este tipo de buques y se analizarán los distintos parámetros a tener en cuenta para poder llevar a cabo este tipo de embarcaciones.

## Abstract

The advance of science towards intelligent machines and digital systems for their control without human intervention, has meant that some institutions are studying the issue of unmanned ships, considerably increasing the techniques to operate remote controlled and autonomous ships.

Companies inspired by technology are creating software systems and sensors that are being of great help to launch these types of ships. The navigation with unmanned ships, will be controlled by remote control computers, so some classification societies have made guidelines to keep a check on cybersecurity and thus prevent potential hackers or pirates from taking control of the ship.

The unmanned ships will be navigating in the very short term, and it is being studied how this will affect current legislation.

For this, as it is exposed in this work, it will be studied the importance that this type of vessels is having and the different parameters to be taken into account in order to carry out this type of vessels will be analyzed.



## Objetivos.

El presente trabajo pretende hacer un estudio sobre el avance que han adquirido los buques autónomos en la actualidad, analizando los diferentes proyectos que han puesto en marcha empresas que apuestan por este tipo de naves. Se analizan los softwares que han utilizado las compañías y como son capaces de actuar con autonomía.

Se hace un estudio sobre el efecto que este tipo de buques tiene sobre la legislación vigente y como sería la responsabilidad en caso de accidente, teniendo en cuenta que la legislación aún está siendo examinada por las Organizaciones Marítimas y aún no han hecho público cómo aplicarla a los buques no tripulados.

# **CAPÍTULO 1.**

## **INTRODUCCIÓN A LA NAVEGACIÓN.**

## **1.1 COMIENZO DE LA NAVEGACIÓN.**

Se tienen registros que hace más de 100.000 años el hombre utilizaba un tronco de madera tallado como medio de transporte en el agua, después se inventaron embarcaciones cada vez más sofisticadas como canoas y piraguas impulsadas por remos. El hombre buscó como poder desplazarse para encontrar tierras mejores para instalarse y comerciar con otra gente.

### **1.1.1 Navegación antigua.**

Los primeros constructores de barcos fueron los egipcios sus naves eran a remo o a vela y los utilizaban para transportar piedras y troncos a través del río Nilo para la construcción de pirámides. Más adelante griegos y romanos se lanzaron a la conquista del Mediterráneo con embarcaciones más sofisticadas.

Los egipcios desarrollaron diversos tipos de naves como barcos de pasajeros y de guerra, estas embarcaciones tenían la proa y la popa elevadas, tenían mástil y una vela cuadrada, cuando navegaban con la corriente a favor, utilizaban velas para aprovechar el viento.

### **1.1.2 Navegación a vela.**

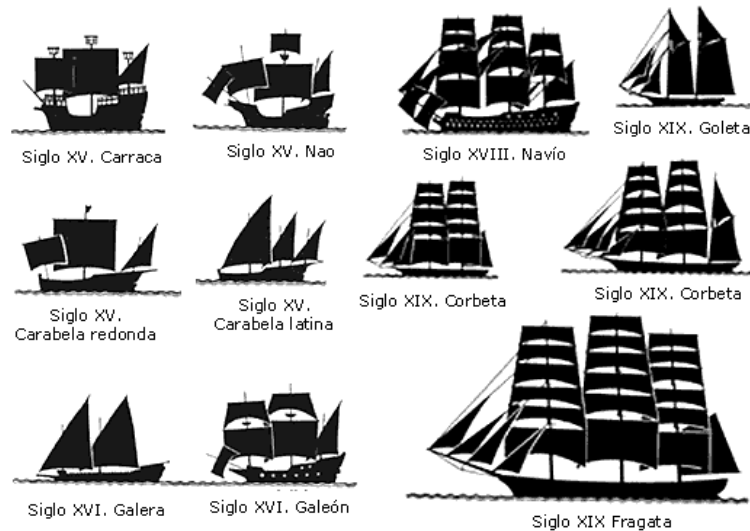
Fue entorno a hace 50.000 años que se desarrollaron las primeras embarcaciones. Las primeras de ellas más conocidas fueron los “juncos” chinos que eran embarcaciones sin quilla con una longitud de 140 metros y propulsados por 4 y 6 velas.

En las aguas del Mar Rojo, el Golfo Pérsico y el Océano Índico fueron utilizadas embarcaciones de vela latinas conocidas como “dhow”.

En el siglo 1 a.C, las embarcaciones chinas incorporaron el timón y posteriormente, en el siglo XII se empleó en Europa. [1]

La navegación a vela recoge los siglos comprendidos entre XV y el XIX. Algunos de los veleros que surgieron en esta etapa siguen en la actualidad como las fragatas.

*Imagen 1. Tipos de barco Siglo XV al XIX*



*Fuente: [www.pinterest.es](http://www.pinterest.es)*

### 1.1.3. De la navegación a vela a vapor

Transcurrieron 5.200 años en los que solo se navegaba a vela o a remo, hasta que a comienzos del siglo XX, el vapor había sustituido a la vela en los barcos mercantes. La construcción naval empezó a utilizar hierro para el casco y vapor para la propulsión.

La propulsión a vapor implicaba cargar combustible, normalmente leña para alimentar las calderas, lo que disminuía el espacio de carga. Durante décadas se utilizaron barcos híbridos (vela-vapor), la propulsión a vapor era utilizada en caso de que no hubiera viento.

Se usaban rueda de paletas, el primero en usarlas fue la embarcación “Clermont” botado en 1807. Estas paletas eran de madera y con el paso del tiempo fueron fabricándose de hierro también. Se situaban a la altura de la maestra pero también se diseñaron barcos que las tenían en la popa. Muchos de los buques que usaban estas paletas llevaban

mástiles con velas al mismo tiempo, y cuando se navegaba a vela era necesario desmontar las ruedas ya que ofrecía resistencia al avance. [2]

### **1.1.4 Navegación más actual.**

Posteriormente los buques a vela y vapor desaparecieron, por lo que ya la maquinaria de propulsión se había perfeccionado. En el siglo XX aparecieron los motores de combustión interna.

A inicios del siglo XX, prosperaron los transatlánticos, y se utilizaron medios de energía para generar movimiento, entre ellos el Diésel.

También en esta época se avanzó en el diseño y la construcción de buques, implementando turbinas a gas, permitiendo elevar la velocidad y autonomía.

La primera hélice que se inventó, operativa para propulsar fue en 1826. Los primeros diseños tenían entre 3 y 6 palas, aunque con el paso del tiempo se analizó que había mejor rendimiento para los buques con hélices de 3 o 4 palas. Que son usadas en la actualidad en nuestros buques convencionales.

Es importante mencionar los buques que han hecho posible la comercialización de productos y transporte de mercancías, fue en 1956 cuando se realizó el primer transporte con contenedores desde New Jersey a Huston. También cabe destacar otro tipo de buques como los graneleros y petroleros que hacen también posible el transporte de carga.

El diseño de los buques ha variado mucho y se ha ido innovando con la utilización de catamaranes, trimaranes y multicascos, propulsados por turbinas jet. Estas turbinas impulsan al buque hacia delante como reacción del flujo de líquido que es expulsado hacia atrás a gran velocidad.

Y cada día se quiere avanzar más en el diseño y la propulsión por lo que actualmente lo más innovador y en lo que recientemente se ha estado estudiando son los buques autónomos con un diseño totalmente diferente y la mayoría dotado de baterías que

hacen que el barco sea de carga eléctrica y por tanto menos contaminante, de lo que hablaremos posteriormente en este proyecto.

## 1.2 ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA NAVEGACION.

Los instrumentos de navegación usados a lo largo de la historia han hecho posible que los marinos pudieran orientarse y conocer la posición a la que se encontraban.

El **astrolabio** fue uno de los primeros elementos utilizados en la navegación y permitía determinar la posición y la altura de las estrellas sobre el cielo. Con este objeto se localizaban astros y se observaba su movimiento para determinar la hora y a través de ésta, la latitud o viceversa. También se utilizaba para medir distancias por triangulación.

La **brújula magnética** fue utilizada por primera vez en el 1117, éste instrumento fue usado por los chinos y en sus comienzos se sumergía en un recipiente con agua y marcaba el punto cardinal Sur.

En 1190 surgió el primer uso de la aguja magnética en Europa y éste instrumento de orientación estaba montado sobre una caja de madera y apuntaba al punto cardinal Norte, al igual que las brújulas modernas.

En Europa también se dio a conocer el **limbo graduado** cuyo objetivo es el de medir ángulos. Están graduados de 0 a 360° sexagesimales y en ellos se encuentran los 4 puntos cardinales. [3]

Los faros también resultaron de gran ayuda para las navegaciones cerca de la costa y durante la noche.

### 1.3 SISTEMAS DE LOS AVANCES TECNOLÓGICOS MARINOS.

A lo largo de los años se ha ido avanzado considerablemente en la tecnología marítima, muchos de estos sistemas son imprescindibles para una guardia de navegación segura.

**ECDIS-AIS (Electronic Chart Display and Information System).** Es un sistema de información de cartas electrónicas y surge como alternativa a las cartas de papel. Éste equipo nos proporciona información de otros barcos como pueden ser MMSI, call sign, latitud, longitud, ETA, etc.

**RADAR O ARPA (Automatic Radar Plotting Aid).** En este equipo se muestran los movimientos verdaderos de los ecos detectados. El sistema nos proporciona el rumbo que lleva el otro barco, la velocidad, el CPA, TCPA, etc.

**Piloto Automático.** El piloto automático es un sistema que mantiene el rumbo de forma automática en un periodo largo de navegación. Éste sistema genera órdenes al timón de gobierno con los datos de los sensores del GPS, anemómetro, girocompás, etc. El piloto automático se compone de: una unidad de control, un procesador de gobierno y una unidad de potencia.

**Posicionamiento dinámico o Dynamic Positioning (DP).** El objetivo es mantener al buque en la misma posición mediante hélices, propulsores y otros sistemas. Hoy en día se utiliza sobre todo en plataformas off shore. Todo buque tiene 6 grados de libertad, 3 de rotación y 3 de traslación, por lo que trata de corregir estos grados de desvío mediante sensores de movimiento, viento y corriente. [4]

### 1.4 OTRO TIPO DE AVANCES.

Las empresas no dejan de innovar y otros de los muchos avances tecnológicos que se han hecho y que son de gran ayuda para la navegación, estiba y desestiba son:

- **Un buque granelero con un sistema autónomo de descarga,** cuya operación se basa en 3 grúas electro-hidráulicas que son operadas desde el puente. Este

sistema es desarrollado por el armador ESL conjuntamente con un especialista en movimientos de carga. [5]

*Imagen 2. Buque granelero*



*Fuente: [www.gcaptain.com](http://www.gcaptain.com)*

- **Robot subacuático para el mantenimiento de cascos.** Los microorganismos marinos pegados al casco de un barco provocan una serie de efectos adversos como disminución de velocidad, por lo que son pintados con pinturas antifouling, pero esta pintura en un tiempo pierde efecto, por lo que han inventado un robot encargado de hacer limpieza sobre la obra viva retrasando la aparición de estos organismos. Éste robot se desplaza evitando aletas de estabilizadores, etc.[6]

*Imagen 3. Robot subacuático para el mantenimiento de cascos*



*Fuente: [www.gii.udc.es](http://www.gii.udc.es)*



- **Hélice fabricada con impresión 3D.** Tras realizar rigurosas pruebas, la WAAMPeller, así se llama esta hélice fabricada mediante impresión 3D, ha sido aprobada en los astilleros Damen en Países Bajos y verificada por Bureau Veritas.

Este resultado es a raíz de la colaboración de compañías que han compartido recursos y conocimientos I+D. Promarin fue quien aportó el diseño de esta hélice de 3 palas, el puerto de Rotterdam llevó a cabo la fabricación mediante soldadura por plasma (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM), Damen ha proporcionado su I+D y el remolcador “Sran Tug”, para realizar las pruebas. Y Bureau Veritas verificó el proceso, producción y pruebas. [7]

# **CAPÍTULO 2.**

## **NAVEGACIÓN CON BUQUES NO TRIPULADOS.**

## 2.1 BUQUES AUTÓNOMOS.

Hace años, hablar de naves inteligentes era considerado por muchos como una fantasía futurista. Hoy en día, las tecnologías necesarias para hacer realidad las naves autónomas ya existen.

El desafío de las empresas es encontrar la forma óptima de combinarlos de manera confiable. Los algoritmos que ayudarán a los buques a tomar decisiones por sí mismos se están perfeccionando, ya que es un gran reto desarrollar el RIPA debido a que es muy específico para cada situación, y esto requiere un gran desafío para el programador, interpretando reglas y regulaciones marítimas.

Para asegurar su aprobación los buques autónomos deberán ser tan seguros o más que los buques existentes. Estos buques reducen los errores humanos, pero al mismo tiempo se deberán abordar nuevos tipos de riesgos

Los barcos sin tripulación posibilitan redefinir el diseño del barco y su funcionamiento. La tripulación de un barco necesita un puente de mando para poder dirigir el barco y también comedores, cocinas, baños, camarotes, etc. Que se pueden evitar en un barco autónomo. Esto hará que se ahorre en peso, dinero y espacio, se podrá transportar más carga y también al ser más ligeros se gastará menos combustible, lo que emitirá menos contaminantes a la atmosfera.

Una tripulación entre 8 y 10 personas pueden controlar desde tierra mediante pantallas interactivas inteligentes, sistemas de reconocimiento de voz y hologramas lo que está sucediendo a bordo. Actualmente se está llevando a cabo algunas pruebas para que en 2020 existan barcos autónomos de uso comercial. También teniendo en cuenta los ataques de piratería, en el que hay que estudiar la forma de proteger al buque de posibles ataques, tanto en la mar, como informáticos a distancia.

Hoy en día la industria marítima funciona con hombres y mujeres al mando de los buques y el capitán que gestiona la navegación como responsable. Pero se acerca un

nuevo reto para las empresas en el que los buques se controlarán desde tierra y estos a su vez dejarán paso a los buques totalmente autónomos.

Para que los buques autónomos y controlados a distancia se conviertan en una realidad, es necesario responder una serie de preguntas críticas:

- ¿Qué tecnología se necesita y cómo puede combinarse mejor para permitir que una embarcación opere de manera autónoma?
- ¿Cómo se puede hacer que un barco autónomo sea al menos tan seguro como los barcos existentes, qué nuevos riesgos enfrentará y cómo se pueden solventar?
- ¿Cuál será el incentivo para que los armadores y operadores de buques inviertan en buques autónomos?
- ¿Son legales los buques autónomos y quién es responsable en caso de accidente? [8]

## 2.2 BUQUES MASS.

Se entiende por buque de superficie autónomo al buque que pueda navegar sin intervención humana y es controlado por programas de inteligencia artificial que son los que gestionan y resuelven a través de algoritmos los problemas que pueden surgir durante la navegación.

Los “MASS” del inglés Marine Autonomous Surface Ship, es decir Buque de superficie autónomos son denominados así, según la OMI (Organización Marítima Internacional). [9]

Los grados de autonomía se organizan en:

- Buque con procesos automatizados. Son con lo que operamos normalmente, existen algunos elementos automatizados y el oficial se encuentra a bordo para operar y controlar la navegación.

- Buque controlado a distancia. Hay gente a bordo pero se controla desde tierra.
- Buque controlado a distancia sin tripulación. Es controlado desde otro emplazamiento y no existe tripulación a bordo.
- Buque totalmente autónomo. Hace frente a situaciones y a la toma de decisiones por sí mismo.

### **2.3 REGLAS DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN DE BUQUES: LLOYD'S REGISTER Y BUREAU VERITAS.**

**Lloyd's Register** publicó el código, Unmanned Marine Systems Code. Este código publicado en 2017, establece pautas para la construcción, diseño y mantenimiento de sistemas autónomos marinos

Esta Sociedad de Clasificación define seis niveles de autonomía (AL, Autonomy Levels), [10]

- AL 0: Gobierno manual. El buque navega controlado por un operador que puede estar a bordo o puede ser a distancia.
- AL 1: Soporte para decisiones a bordo. El buque se maneja automáticamente con diferentes parámetros y programas. La velocidad y el rumbo es medida por sensores que se encuentran a bordo. El operador inserta la ruta y la velocidad en forma de waypoints y se puede cambiar este parámetro si fuera necesario.
- AL 2: Soporte para decisiones a bordo o en tierra. Un sistema externo es capaz de introducir la ruta pero el operador puede cambiar los parámetros de rumbo y velocidad si lo necesitara
- AL 3: Ejecución con operador humano que aprueba. La información se basa en lo que captan los sensores del buque. El operador debe aprobar las decisiones antes de que sean puestas en marcha.

- AL 4: Ejecución con operador humano que podría intervenir. Las decisiones sobre acciones operativas y de navegación son calculadas por el sistema que ejecuta lo que se haya aprobado por el operador. El operador puede estar en tierra e intervenir si es necesario.
- AL 5: Autonomía parcial. El sistema calcula y decide todo lo relativo a la navegación y la operación. Los riesgos son resueltos de acuerdo a cada situación. Los sensores captan información y el sistema interpreta la situación, calcula las acciones pertinentes, y las lleva a cabo, pero en caso de duda sobre la interpretación de la situación, el operador, que puede estar en tierra, debe actuar. El sistema no interacciona con él si tiene capacidad para resolver dicha situación.
- AL 6: Autonomía total. Todas las decisiones sobre navegación y operación son tomadas por el sistema. Este analiza las consecuencias y los riesgos y resuelve en base a los cambios de situación detectados por los sensores. El operador que Está en tierra, solo interviene si el sistema no puede estar seguro de la solución.

Lloyd's también ha establecido distintos niveles de tolerancia de fallos:

- FT 5: Permite operar con fallos. Ningún fallo impide la navegación, la propulsión, ni el monitoreo seguro.
- FT 5: Tolera fallos. Puede tolerar fallos sin la intervención del operador. El sistema puede diagnosticar sus fallos si son simples.
- FT 4: Es necesario que el operador asista los fallos, puede seguir funcionando pero con prestación reducida.
- FT4 Y FT5. Niveles decrecientes en la posibilidad de seguir operando.

**Bureau Veritas** publicó el código *Guidelines for Autonomous Shipping*.

Este código publicado en 2017, muy similar al anterior, aunque con la diferencia de que se divide en cuatro niveles dependiendo de la categoría del buque. [11]

- 0: buque convencional que navega controlado manualmente. El operador está a bordo.
- 1: buque inteligente con soporte para acciones y decisiones a bordo: El tripulante es el que ordena y dirige las operaciones.
- 2: buque autónomo. El tripulante delega en el sistema, pero debe aceptar las decisiones antes de que éstas se lleven a cabo.
- 3: buque autónomo: El tripulante supervisa el sistema, pero no debe aceptar las decisiones antes de que se ejecuten. No obstante, se le informa de todas las acciones y decisiones que se vayan a tomar.
- 4: buque totalmente autónomo. Evaluará la situación y llevará a cabo las acciones que considere oportunas en cada caso. El sistema solo solicitará y esperará confirmación en caso de emergencia.

## **2.4 NAVEGACIÓN CON BUQUES NO TRIPULADOS.**

La necesidad de los buques autónomos es desarrollar un conjunto de elementos que informan a un “cerebro electrónico”, permitiendo que el barco navegue con seguridad y evitar colisiones.

- **Sensores:** Para poder navegar de forma autónoma es necesario llevar sensores como cámaras visuales, imágenes térmicas y sistema LIDAR del que hablaremos posteriormente en el proyecto, y saber cómo combinarlos entre sí para que sean totalmente efectivos.
- **Algoritmos de control:** Evitar abordajes y la seguridad en la navegación será lo más importante para que este proyecto funcione, que les permita decidir cómo actuar de acuerdo a los reglamentos marítimos.

- Comunicación y conectividad: Los buques autónomos seguirán necesitando tripulación en tierra, la conectividad entre la nave y el centro de control es crucial y esta comunicación deberá de ser bidireccional, precisa y estable.

**El sistema de navegación autónomo (ANS)**, y todos los sistemas que se mencionarán a continuación, son analizados en el proyecto AAWA y consta de diferentes módulos: un módulo de planificación de ruta (RP), módulo de reconocimiento (RA), módulo de prevención de colisiones (CA) y detección del estado del barco (SSD). Cada módulo tiene su propia tarea y cuando se combinan forman el sistema de posicionamiento, propulsión y ofrece los datos al operador

El módulo SSD o el módulo de capitán virtual (VC) tiene la mayor responsabilidad ya que recopila información de todos los demás sistemas y decide en qué estado opera actualmente el barco (remoto, autónomo o modo seguro). [8 y 12]

### **2.4.1 Centro de control en tierra.**

El centro de control deberá considerarse como una extensión de la nave.

En el caso de que el sistema informático fallara o se produzca una situación inesperada, el operador tiene que ser capaz de tomar el control del buque.

Deberá estar diseñado para poder operar en caso de un incendio a bordo, por ejemplo. Y el personal que se encuentre supervisando debe estar cualificado respecto a cada barco que supervisa.

Rolls-Royce presenta una visión del futuro en la que de 7 a 14 personas monitorea y controla el funcionamiento de una flota de barcos en todo el mundo. El equipo utiliza pantallas inteligentes interactivas, sistemas de reconocimiento de voz, hologramas y drones de vigilancia para monitorear lo que está sucediendo tanto a bordo como alrededor de la nave.



*Imagen 4. Centro de Control en Tierra*



*Fuente: [www.breakingwaves.fi](http://www.breakingwaves.fi)*

### **2.4.2 Planificación del viaje.**

Al planificar el viaje el operador debe tener en cuenta que los buques autónomos utilizarán una combinación de redes de comunicación satelitales y terrestres, por lo que tiene que asegurarse de que haya conectividad suficiente. Se deberá definir que tramos del viaje se harán en remoto y cuales en automático. Solo se requerirá la intervención del operador en caso de que el barco experimentara una reducción de conectividad.

En el caso de que esto pasara, las posibles soluciones serían:

1. Pedirle al operador que tome el control manual.
2. Reducir la velocidad.

3. Detener la embarcación y mantenerla con posicionamiento dinámico.
4. Navegar al punto de referencia anterior.
5. Navegar de regreso a la ubicación segura preestablecida.

Los comandos y su secuencia cambian en algunas partes del viaje, por ejemplo con mal tiempo, por lo que se podrían modificar las estrategias del viaje utilizando el enlace de comunicación por satélite.

**En un estado normal**, el buque autónomo ejecuta la navegación al siguiente waypoint, de acuerdo con la ruta definida, en este caso los datos que recibe el operador se limitan a la ubicación del barco, rumbo, velocidad, ETA e información generalizada. Por lo que en este caso es posible que el operador pueda supervisar más de un barco, siempre que la navegación continua con el plan realizado por el operador.

**En un estado intermedio**, se proporcionaría al operador información adicional ya que se requeriría intervención del usuario porque se necesitan ajustes.

Dependiendo de la situación, se solicitan diferentes niveles de interacción con el operador. Un ejemplo podría ser tomar una acción automática para mantenerse fuera de la ruta de otro barco, cambiando rumbo o velocidad. El operador también podría optar por utilizar el VHF para comunicarse con el otro barco y confirmar que las medidas a tomar son seguras para ambas partes y si se necesitan modificaciones el usuario puede tomar el control del barco en remoto.

**También pueden haber escenarios complejos** en los que la planificación de la ruta y los algoritmos no puedan resolver la situación, por ejemplo si se detectan objetos que los algoritmos no pueden identificar y por tanto el sistema no puede determinar cómo actuar, la embarcación enviará un “pan-pan” al operador indicando que necesita asistencia urgente. El barco tiene un conjunto predefinido de estrategias de respaldo que comenzará a ejecutarse en el orden planificado si no se recibe la respuesta del usuario, dependiendo de la urgencia, la ejecución automática de la estrategia de retroceso también se puede iniciar de inmediato.

Obviamente, a medida que los algoritmos de control evolucionen, las naves serán capaces de manejar situaciones cada vez más complejas por sí mismas. Sin embargo, siempre habrá barcos tripulados que naveguen junto con barcos autónomos, lo que significa que el operador humano será necesario durante bastante tiempo para interpretar esta información, hasta que se desarrollen estándares claros para el intercambio de información entre buques tripulados y no tripulados.

En general, cuantas más variaciones y complejidad tiene el viaje, más tendrá que depender el barco de la asistencia del operador y del control remoto, al menos en las primeras fases de la implementación.

**El módulo Route Planning (RP)** es un módulo de software que se encarga de planificar la ruta de principio a fin, a través de waypoints predefinidos, evitando obstáculos estáticos definidos en las cartas de navegación electrónica.

### **2.4.3 Navegación sin colisiones.**

Después de la Segunda Guerra Mundial, ha sido de gran interés evitar abordajes en la mar, con la ayuda del radar se ha podido prevenir de muchos de ellos. Una navegación segura, juega un papel importante en el trabajo diario del marino y, debido a que las decisiones de la tripulación son altamente subjetivas, las normas internacionales para evitar las colisiones marítimas (RIPA) son desarrolladas por Organización Marítima Internacional para ayudar a la navegación.

Las técnicas de navegación para prevenir abordajes se pueden dividir en dos métodos, basados en la planificación de trayectorias con información a priori, o en métodos locales basados en navegación reactiva con información sensorial.

La planificación de una ruta sin colisiones para un barco autónomo a través de un entorno que tiene obstáculos estáticos o móviles, se ha estado estudiando teniendo también en cuenta las condiciones climatológicas (olas, viento, corrientes...).

**El módulo de prevención de colisiones (CA)** es responsable de una navegación segura y sin colisiones. Utiliza la información del módulo de Planificación de ruta para seguir

una ruta que conduce al destino, pero puede desviarse del curso si se detecta un riesgo de colisión. El módulo SA (conocimiento de la situación), proporciona un mapa e información de obstáculos que existen cerca del barco. El módulo CA tiene dos funciones principales, la primera la evaluación del riesgo de colisión y la segunda navegar con seguridad, tanto en puerto como en alta mar.

#### **2.4.4 Seguridad en la Navegación.**

La European Maritime Safety Agency ha incurrido que el error humano ha sido la causa del 62% de los incidentes entre 2011 y 2016. Por otra parte, las estadísticas de accidentes demuestran que el trabajo en la cubierta de los buques es de 5 a 16 veces más peligrosa que el trabajo en tierra.

Quienes proponen la autonomía en los buques consideran que se lograría incrementar la seguridad en el mar de forma considerable, sin poner en riesgos la vida humana.

La combinación de diferentes sensores, incluyendo el radar y visión digital en varias longitudes de onda pueden con seguridad reemplazar al vigía humano.

#### **2.4.5 Atraque.**

Al acercarse al puerto, el operador puede elegir tomar el control o aumentar el nivel de supervisión del barco, también podría ser necesario el pilotaje.

El sistema de navegación puede usar sistemas de referencia externos basados en tierra para el posicionamiento, lo que será útil, especialmente en áreas portuarias. Además, los sistemas de cámara y radar basados en tierra pueden usarse para navegar el barco de forma segura a lo largo del muelle.

### 2.4.6. Puertos.

Los puertos cada vez tienen que ser más eficientes para la atención de buques de grandes dimensiones y dado el factor de escaso tiempo en sus recaladas, es más efectivo que los procesos operativos sean automatizados. La operación de carga y descarga sea realizada simultáneamente por grúas pórtico de doble posición, todo esto para mayor rapidez y eficiencia.

Cabe destacar que los puertos buscan recibir el mayor atraque de buques, y por consiguiente una mayor cantidad de carga/contenedores en sus recintos (Puertos Hub), pero no hay espacio suficiente y suficiente carga, por eso motivo algunos puertos solo reciben barcos Feeders o alimentadores, que son los que surten a estos mega buques que permanecen tiempo en la mar y tienen rutas específicas, también los Feeders abastecen a los puertos de cada país.

En la actualidad los puertos desean adquirir sistemas automatizados porque como se mencionó anteriormente producirían mayor rapidez y eficiencia en sus procesos, también se ahorrarían errores manuales y retrasos y estaría en continuo funcionamiento todo el día y la noche.

Un ejemplo de puerto automatizado es la terminal de Qingdao New Qianwan Container, Puerto de Qingdao en Asia, es conocida como la terminal fantasma.

Tiene dos atracaderos con un largo de 660m y puede gestionar 5.4 millones de TEUS. Está equipado con siete grúas de transbordo de buque a tierra, 38 grúas apiladoras y 38 vehículos guía automatizados (AVG). Con las máquinas controlando los muelles, los humanos monitorizan las operaciones desde las salas de control. [13]

Cabe destacar que Barcelona dispone de seis grúas automatizadas, pero no solo es importante la carga y la descarga de los buques sino también el atraque y estudiar sistemas automatizados o semiautomáticos para ello. El puerto de Ferrol en A Coruña está estudiando la posibilidad de implantar sistemas de amarre automatizados, e incluso

los astilleros de Vigo en Pontevedra han construido buques que disponen de los sistemas para hacer posible el atraque automático de los que se hablará a continuación.

## **2.5 SISTEMAS DE AMARRE AUTOMATIZADOS.**

Automatizar el amarre de un barco es un gran descubrimiento para los avances tecnológicos en el sector marítimo.

Los sistemas de amarre pueden ser automáticos, en éstos la operación de amarre y desamarre se puede controlar a distancia, o pueden ser, semiautomáticos en el que necesita tripulación para asegurar el amarre.[14]

### **2.5.1 Sistema de amarre semiautomático. (TTS)**

Este sistema de amarre consta de un brazo metálico que se agarra al casco del barco, por lo que el buque tiene que tener en su casco dos puntos de amarre en proa y popa. El sistema solo se mueve en vertical y se controla de forma remota a distancia mediante un joystick, transmite información al personal en tiempo real.

Dos cilindros hidráulicos son los que suministran la fuerza de amarre y la seguridad del sistema hace que permanezcan amarrados de forma segura, incluso cuando hay cortes de luz o pérdidas de señales de control.

*Imagen 5.Sistema de amarre semiautomático. TTS Marine.*



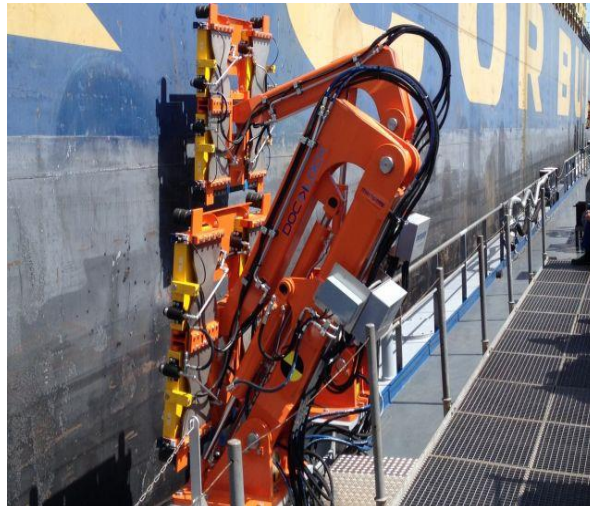
*Fuente: [www.trends.nauticexpo.es](http://www.trends.nauticexpo.es)*

### **2.5.2 Amarre magnético.**

Mampeay (Offshore Industries) ha desarrollado un sistema llamado docklock, en el que se utilizan placas magnéticas. Es un sistema automatizado en el que detecta el casco del barco y se coloca en posición sin ayuda de operarios del puerto.

Este sistema permite procedimientos de amarre más rápidos y seguros. Son monitoreados y controlados en tiempo real. El sistema puede soportar los peores movimientos y fuerzas causados por influencias externas, como los movimientos pasantes de los barcos, el viento y las corrientes.

*Imagen 6. Sistema de amarre magnético.*



*Fuente: [www.maritimejournal.com](http://www.maritimejournal.com)*



### 2.5.3 Amarre por vacío.

Este sistema de amarre por vacío consta de unas ventosas que tienen capacidad de hasta 80 toneladas, y estas se adhieren a planchas metálicas. Este sistema tiene un movimiento vertical para que cuando haya marea o cambios de calado por cargas y descargas, el rail del sistema desconecta las ventosas y sube o baja dependiendo de la situación y posteriormente vuelven a ser adheridas al buque otra vez. Las ventosas tienen unos sensores que miden la tensión de carga para poder ser controlada en caso de cualquier sobre tensión.

*Imagen 7. Sistema de amarre por vacío.*



*Fuente: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)*

### 2.5.4 Sistema hidráulico “Shoretension”:

Su instalación se basa en un sistema hidráulico externo que permite mantener tensión constante sobre las amarras y sin suministrar energía, está instalado en el muelle entre dos norays. La parte fija del sistema es asegurada al noray y la parte móvil que es el brazo hidráulico se une a las amarras que se pasan por otro noray para corregir su dirección hacia el buque.



Este sistema consta de sensores que registran la tensión en los cabos, esta información está disponible para las empresas de amarre como para el capitán, por medio de un sistema inalámbrico que funciona con energía solar.

*Imagen 8. Sistema de amarre “Shoretension”.*



*Fuente: [www.innovacion.portsdebalears.com](http://www.innovacion.portsdebalears.com)*

## **2.6 ELEMENTOS QUE HACEN POSIBLE LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA.**

Son muchos los elementos que se usan para que la navegación autónoma sea posible y numerosos estudios son los que se siguen haciendo para poder mejorarlos y que la seguridad sea lo más eficiente posible.

Es importante mencionar la **Inteligencia Artificial (IA)** que es una combinación de algoritmos que hacen posible la creación de máquinas que presentan las mismas capacidades que el ser humano. Se diferencian cuatro tipos de inteligencia artificial.[15]

- Sistemas que piensan como humanos. Automatizan acciones como la toma de decisiones o resolución de problemas.
- Sistemas que actúan como humanos. Son ordenadores que realizan trabajos de forma similar a las personas.

- Sistemas que piensas racionalmente. Intentan imitar el pensamiento lógico del ser humano.
- Sistemas que actúan racionalmente. Intentan imitar de manera racional el comportamiento humano.

Tecnología marina actual como radar, GPS, AIS, ARPA y ECDIS se pueden utilizar en combinación con este tipo de inteligencia artificial.

### 2.6.1 Sensores de navegación:

**El sistema GNSS** es de gran importancia en el desarrollo de buques autónomos, se utiliza para localizar la posición de los buques, gestionar el tráfico y dar respuesta a las demandas de la tripulación en cuanto a la navegación, por lo que se podrá mejorar la seguridad, reducir costes operaciones y evitar errores humanos.

Se prevé que su uso aumente en los próximos años para dar más información sobre la situación de embarcaciones en las operaciones de búsqueda y salvamento.

**GNSS compás y sensor de posición.** La empresa Kongsberg ha diseñado un sensor de navegación, llamado *SeaNav300* que ha sido probado y aprobado por Wheelmark de acuerdo con las regulaciones internacionales. El SeaNav 300 proporciona salida de posición y rumbo verdadero.

Este sensor tiene potencial para reemplazar varios instrumentos de embarcaciones, ya que funciona como girocompás, equipo receptor GNSS, registro de velocidad y velocidad de giro con lo cual nos proporciona rumbo, posición, velocidad y velocidad de giro.

Para la instalación de este sensor, todos los componentes electrónicos se colocan dentro del módulo de la antena. Esta unidad necesita energía y un cable de señal, pero no requiere mantenimiento ni recalibración. El sensor se configura mediante WEB O USB[16]

**INS (MRU).** Es un sensor que detecta el movimiento, por lo que realiza tareas como el monitoreo de la altura de olas y mide los movimientos de balanceo, inclinación, giro y levantamiento. El MRU es adecuado para cualquier operación marítima que requiera determinación de actitud y compensación de movimiento.

Algunas de sus aplicaciones son: Compensación de movimientos y sistemas de amortiguación, posicionamiento dinámico, monitoreo del movimiento del barco, mediciones de olas, antena de compensación y estabilización.<sup>12</sup>

Los sistemas de posicionamiento dinámico permiten que la nave mantenga automáticamente su posición o rumbo utilizando sus hélices, timones y propulsores. Cuando se combina con una referencia de posicionamiento global o local como el Sistema de navegación por satélite global (GNSS), y con sensores de viento y Unidades de medición inercial (IMU), el barco puede mantener su posición incluso en condiciones climáticas adversas. Los sistemas modernos de DP, como Rolls Royce Icon DP, también pueden maniobrar la nave a baja velocidad. Esto permite la integración del comportamiento autónomo en el control de buques. Como el sistema de DP ya tiene información sobre las capacidades de maniobra del barco, puede calcular dónde se puede mover el barco en el futuro.[17]

### **2.6.2 Sensores anticolidión.**

**Sistema Lidar.** Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging.

El Sistema Lidar construye un mapa en 3D de la embarcación basado en la detección de luz y el alcance (LIDAR), que utiliza un láser pulsado para medir distancia, se asocia a datos GPS para crear mapas en 3D, permitiendo ver lo que el ojo humano no puede.

LIDAR crea una "nube de puntos" que dispara unos 300,000 rayos de luz desde un láser y luego mide el tiempo que se tarda en reflejarlos, recreando un mapa 3D.

La información espacial adicional se obtiene de las **cámaras HD** a bordo, vinculadas a un software que puede identificar embarcaciones u objetos y aplicar algoritmos de

aprendizaje para determinar características, como la velocidad a la que una embarcación viaja o se detiene.

LIDAR, GPS, datos de cámara, radar y AIS se combinan para proporcionar a aquellos que controlan el barco una visión general completa de su entorno. La tripulación de un barco puede entonces cambiar entre un mapa 3D recreado por el sistema por LIDAR, una superposición de radar o una vista topográfica del fondo marino.<sup>13</sup>

También son de gran importancia equipos como **cámaras térmicas y cámaras de alta definición**, con este sistema el operador que se encuentra en la estación de control en tierra, tiene una mejor visión del plano. Las cámaras de infrarrojo cercano (NIR), con iluminación activa, o cámaras térmicas LWIR también se pueden usar para imágenes nocturnas.

El único inconveniente es el mal tiempo, con lluvia o nieve siguen siendo de ayuda pero no rinden al completo por lo que se pueden combinar con el anteriormente mencionado sistema LIDAR.

### 2.6.3 Software.

Un software es un conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar tareas en el ordenador.

Los diferentes software de este tipo de buques abarcan el diseño gráfico, manejo de bases de datos para el diseño y fabricación, control numérico de máquinas y robótica y visión computarizada.

Por lo que este sistema en buques autónomos lo que hace es evaluar los riesgos de colisión, proporcionar decisiones y define rutas. El sistema define cualquier área prohibida que luego se toma en consideración con el algoritmo para evitarla.

En cuanto a lo sistema automatizados, es de gran relevancia el sistema de la ciberseguridad porque como todos sabemos los sistemas informáticos se pueden hackear, por lo que habrá que tener en cuenta el desarrollo de un sistema que sea realmente fiable.

En cuanto a sistemas informáticos, *Intel* y *Rolls Royce*, han anunciado un acuerdo para la construcción de un sistema global para la navegación de barcos autónomos, llamado “**Intelligent Awareness System**”. Este sistema está impulsado por Inteligencia Artificial y utiliza procesadores Intel Xeon Scalable y almacenamiento en unidades Intel 3D NAND SSD.

Su funcionamiento se basa en: los buques tienen a bordo servidores basados en procesadores Intel Xeon Scalable (procesadores con grandes capacidades de cálculo e IA). El Intelligent Awareness System, obtiene información a través de sensores impulsados por IA , y procesa datos procedentes de lidar, radar, cámaras térmicas, cámaras HD, datos satelitales y pronósticos meteorológicos. Con toda esta información el sistema toma conciencia de su entorno incluso por la noche, para tomar decisiones, lo que hace que se mejore la seguridad, detecta obstáculos a varios kilómetros de distancia y evita puertos o rutas concurridas. [18]

La responsabilidad por un «software» defectuoso resulta compleja. Un software puede ser defectuoso por contener errores de códigos, errores de diseño o errores de actualización. Por tanto, el mercado ofrecerá algoritmos de distinta calidad, donde prevalecerán los mejores. Las autoridades no permitirán, comercializar sistemas de navegación basado en algoritmos no lo suficiente testados, por lo que solo deberían autorizarse aquellos que lo estén para no poner en riesgo la seguridad en la navegación.

La sociedad de clasificación Lloyd’s Register creó una guía para los ataques cibernéticos llamada, “**Cyber-enabled ships**” . En esta guía se comentan tipos de riesgos a prevenir como: Problemas mecánicos y eléctricos que inutilizarían el sistema. ,Software y fallos electrónicos., ciberseguridad y hackers.[19]

En el 2017, la OMI modificó dos de sus códigos de gestión de la seguridad para incluir la ciberseguridad. El código Internacional para la Protección de Buques y las Instalaciones Portuarias (PBIP) y el Código Internacional de Gestión de la Seguridad (IGS). Detallan la manera en que los puertos y operadores deben realizar los procesos de gestión de riesgos y que los operadores sean conscientes de los riesgos cibernéticos.

Sin embargo no será hasta enero de 2021 cuando entrarán en vigor estas modificaciones cibernéticas del código PBIP Y IGS.

#### **2.6.4 e-Loran.**

Los sistemas de posicionamiento de GPS dependen de la recepción de señales satélites que son vulnerables a ciberataques o ataques de piratas, por lo que varios gobiernos están queriendo hacer uso del e-Loran (Enhanced Long-Range Navigation), este sistema de navegación de largo alcance fue desarrollado en los Estados Unidos. Es mucho más preciso que el Loran tradicional, incluye pulsos adicionales que pueden transmitir datos auxiliares, como correcciones DGPS.

Ministerio de Oceanía y Pesca de Corea del Sur está tratando de establecer la tecnología en un formulario de prueba para 2019

Los especialistas exponen que el problema de la señal GPS es que son emitidas a 12.500 millas sobre la superficie de la tierra, por tanto llegan con una señal muy débil y pueden ser interferidas por aparatos de bajo costo. Sin embargo, el e-Loran tiene potencia de 1.3 millones de veces más potente que el GPS. Para bloquear su señal haría falta un transmisor muy potente que delataría su posición e inmediatamente sería destruido.

E-Loran está diseñado para operar con frecuencias de 100kHz a largas distancias, su potencia de salida hace tenga más dificultad para ser atacada en comparación con el GPS.

### **2.7 REGULACIONES.**

Los buques autónomos o no tripulados han sido recientemente objeto de estudio de los organismos internacionales dedicados a las cuestiones marítimas: **la Organización Marítima Internacional (IMO)**, de naturaleza pública que se encarga de crear reglamentos internacionales para la seguridad en la mar y protección del medio ambiente y el **Comité Marítimo Internacional (CMI)**, de naturaleza privada.

Si nos acogemos a la definición de buque acogidas por los textos internacionales tanto del derecho público (COLREG, MARPOL, CNUCIB, etc.) como del ámbito de

naturaleza privada como BUNKERS/2001, CLC, o convenios relativos al transporte de mercancías por mar, no encontramos mención alguna a la tripulación o al hecho mismo de la dirección o gobierno en la navegación del buque.

Por lo que la navegación de un buque no tripulado o autónomo no alteraría las normas de estas instituciones marítimas, siempre que cumplierse los requisitos técnicos de las definiciones de dichos organismos.

En el ámbito nacional, tanto La Ley de Puertos del Estado y Marina Mercante de 2011 (LPEMM) , como la Ley de Navegación Marítima (LNM), dedican varios artículos a la definición de buque, en las que está ausente todo requisito relativo a la tripulación, capitán o presencia humana a bordo.

Por todo esto, nada impide que un buque no tripulado, no pueda ser incluido en la definición de buque, y por tanto, dotado de dicha naturaleza jurídica. [20 y 11]

- **SOLAS.** Convención Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar.

Se hará mención a algunos de los capítulos y reglas más importantes para que los buques sin tripulación puedan cumplir el reglamento o qué cambios se podrían hacer para ello.

**Los capítulos II-1, II-2 y III del SOLAS**, contienen requisitos de estructura, estabilidad, maquinaria e instalaciones eléctricas, protección contra incendios, y dispositivos de salvamento. Estos capítulos cubren la construcción, equipo y los materiales de a bordo, que no plantean problemas desde las operaciones automatizadas. Un barco que debe construirse para cumplir con ciertos requisitos de estabilidad o características como fondos dobles, tendrá que hacerlo incluso si el barco no está tripulado.

Sin embargo, todos incluyen cierto grado de requisitos operacionales, relacionados con los procedimientos de información y comunicación para la tripulación, las alarmas, los mecanismos de monitoreo, etc., que obviamente son difíciles de aplicar en un barco no tripulado. En algunos casos, las alarmas, el equipo de monitoreo y el funcionamiento del sistema pueden tener que cambiarse o agregarse al lugar donde se encuentra el

controlador, ya que de lo contrario se anularía todo el propósito del requisito. De manera similar, el término 'puente de navegación', que aparece con frecuencia en las reglas relacionadas, debe entenderse como una referencia al lugar desde el que se controla el barco.

Los requisitos relativos a las comunicaciones por radio en el Capítulo IV incluyen requisitos funcionales en el equipo, así como los requisitos de Guardia para la tripulación.

**La regla 12 del Capítulo IV (Radiocomunicaciones)** también se tiene que tener en cuenta, ya que, los buques autónomos deben garantizar que las señales de socorro se reciben y transmiten a las autoridades de búsqueda y salvamento..

Las siguientes regulaciones del Capítulo V (Seguridad de la navegación), se tienen que analizar, ya que varían mínimamente en el caso de los buques sin tripulación.

- **Reg.14:** Dotación de buques.
- **Reg.15:** Principios relativos al diseño de puentes, diseño y arreglo de sistemas y equipos de navegación y procedimientos de puente.
- **Reg.22:** Visibilidad del puente de navegación
- **Reg.24:** Uso de sistemas de control de rumbo.
- **Reg.33:** Situaciones de socorro: obligaciones y procedimientos.
- **Reg.34:** Navegación segura y evitación de situaciones peligrosas.

Las normas sobre la dotación de buques son de particular importancia. En general, las decisiones sobre la dotación de los buques se dejan a la administración del estado del pabellón. Una vez que la administración esté convencida de que el número y las calificaciones de la tripulación son adecuados para el barco en cuestión, generalmente evaluado sobre la base de una estimación y justificación propuesta por el propietario / operador del barco, emitirá un documento de seguridad para el barco.

Los requisitos son que un barco en el mar sea capaz de transmitir una alerta de socorro mediante al menos dos medios independientes separados, recibir alertas de socorro, comunicarse (transmitir y recibir) en situaciones de socorro (búsqueda y salvamento),



información de seguridad marítima, radiocomunicación general y Comunicación puente a puente. El cumplimiento de estas reglas por parte de los buques no tripulados presupone que las comunicaciones por radio pueden transmitirse a un lugar donde un controlador con pleno conocimiento del paradero del buque está de guardia.

Se menciona que los buques tienen que tener los mecanismos para facilitar el embarco de prácticos. Se explica que se podrá llegar a un acuerdo en el que el buque sea operado remotamente con un práctico de operador a distancia, sin que físicamente embarque.

- El **Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes (RIPA)**, o Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGs).

Adoptado por la Organización Marítima Internacional en 1972, en sustitución a las regulaciones que se habían adoptado en 1960. Fue puesto en marcha a raíz de lo ocurrido con el transatlántico SS Andrea Doria que colisionó con otro buque, y acabó hundiéndose a 11 horas de Nueva York. Entró en vigor en julio de 1977.

El RIPA se divide en cinco partes e incluye 38 reglas, además consta de cuatro anexos que contienen detalles técnicos, luces y sonidos.

Para prevenir colisiones en el mar, las dos tareas principales que deben tenerse en cuenta son:

- El puesto de observación: para asegurar que los barcos siempre son monitoreados usando información apropiada para tener una valoración completa de la situación y riesgo de colisión.
- Las decisiones operativas: Obligación de los buques de tomar decisiones de evitación.

Los buques autónomos deben poder comunicarse con otros buques para determinar si las intenciones se han entendido y si es necesario proporcionar recomendaciones como para cambiar la ruta debido a un riesgo de colisión.

La señalización de buque autónomo debe ser visible igualmente si fallara la comunicación, y para este caso particular, el estado debe ser "Sin tripulación".

Cabe mencionar que en cuanto al RIPA, Rolls Royce ha completado el proyecto de investigación **MAXCMAS (MACHine eXecutable Collision regulations for Marine Autonomous Systems)** de 1.3 millones de dólares que demuestra que los buques autónomos pueden cumplir con la prevención de abordajes.[21]

Los socios del proyecto Lloyd's Register, Warsash Maritime Academy (WMA), Queen's University Belfast y Atlas Elektronik (AEUK) encontraron el uso de nuevos algoritmos en sistemas de navegación basados en la Inteligencia Artificial que eran capaces de promulgar las reglas para evitar la colisión de manera efectiva.

Durante el proyecto de desarrollo, Rolls-Royce y sus socios adaptaron un simulador de puente para probar la navegación autónoma sin colisiones. Se diseñaron varios escenarios basados en simuladores, con los algoritmos instalados en uno de los simuladores de puentes convencionales de WMA. Esto también incluyó el "Motor de Autonomía" de ARCIMS de Atlas Elektronik, los algoritmos de Colisión de la Universidad de Belfast de Belfast y una interfaz Rolls-Royce.

El proyecto MAXCMAS ya está completo, y ofrece una solución de prevención de colisiones que cumple con las últimas normas. La tecnología y el sistema se han probado exhaustivamente tanto en el mar como en una multitud de escenarios utilizando simuladores de escritorio y de puente, para demostrar su solidez y demostrar que la navegación autónoma puede cumplir con los requisitos existentes del RIPA.

- **MARPOL** Convención internacional para la prevención de la contaminación por buques.

Incluye disposiciones de construcción y equipamiento y requisitos operacionales y de procedimiento como límites de descarga, procedimientos para traspasar de barco a barco, obligaciones de notificación en caso de derrames y requisitos para llevar libros de registro. Por tanto, los requisitos de MARPOL no presentan desafíos para los buques no

tripulados y podrían ser cumplidos perfectamente. Los libros de registro se pueden mantener en formato electrónico.

Las respuestas a emergencias por contaminación como se describe en el “Plan de emergencia de contaminación por hidrocarburos” (SOPEP), se podrán adaptar a las capacidades de los buques no tripulados.

- **STCW** Convención Internacional sobre Normas de Formación, Certificación y Guardia para la gente de mar

Se aplica a la gente de mar que presta servicios a bordo de los buques. Solo a “la gente de mar que presta servicios a bordo de buques de navegación marítima con derecho a pilotar la bandera de una parte (...)” Por esto, según la redacción, el Convenio STCW no se aplica a los operadores remotos de buques no tripulados y buques de control remoto.

En el momento de su desarrollo, el Convenio STCW no ha tenido en cuenta la posibilidad de que los buques no estén tripulados. No obstante, las obligaciones de carácter operacional impuestas a la gente de mar, se aplicarán a las personas que desempeñen funciones de trabajo relacionadas con los buques autónomos como las prescritas en el Convenio STCW, aunque estas funciones de trabajo se realizarán desde otros lugares que no sean a bordo del buque. Al fin y al cabo, el propósito más amplio del STCW es “promover la seguridad de la vida y la propiedad en el mar y la protección de la vida humana”.

## **2.8 RESPONSABLE EN CASO DE ACCIDENTE.**

En el caso de responsabilidad en caso de accidente, muchos intereses se pueden ver afectados sobre todo por las aseguradoras. El número de accidentes por errores humanos disminuirá notablemente pero se incrementarán accidentes donde los fallos eléctricos o fallos en softwares sean el culpable.

<b>RESPONSABILIDAD POR DAÑOS CAUSADOS POR EL ACCIDENTE DE UN BUQUE AUTOMATIZADO.</b>		
<b>ESCALA</b>	<b>CAUSA</b>	<b>RESPONSABLES</b>
NAVEGACIÓN REMOTA TRIPULADA / NO TRIPULADA	ERROR HUMANO EN EL MANEJO.	TRIPULACIÓN REMOTA O DE APOYO.
	ERROR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO DE HARDWARE/SOFTWARE	NAVIERO, ASTILLERO, FABRICANTE
	HARDWARE/SOFTWARE DEFECTUOSO	FABRICANTE, INSTALADOR
	ACCIÓN DE TERCERO	TERCERO
NAVEGACIÓN AUTÓNOMA TRIPULADA	ERROR HUMANO EN EL MANEJO	TRIPULACIÓN DE APOYO
	ERROR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO DEL HARDWARE/SOFTWARE	NAVIERO, ASTILLERO, FABRICANTE
	HARDWARE / SOFTWARE DEFECTUOSO	FABRICANTE, INSTALADOR
	ACCIÓN DE TERCERO	TERCERO
NAVEGACIÓN AUTÓNOMA TRIPULADA <b>NO</b>	ERROR HUMANO EN EL MANTENIMIENTO DEL HARDWARE/SOFTWARE	NAVIERO, ASTILLERO, FABRICANTE
	HARDWARE / SOFTWARE DEFECTUOSO	FABRICANTE, INSTALADOR
	ACCIÓN DE TERCERO	TERCERO

[22]

# **CAPÍTULO 3.**

## **PROYECTOS DE EMPRESAS EN BUQUE AUTÓNOMOS.**

### 3.1 Proyectos internacionales sobre los MASS.

Destacan varios proyectos internacionales que han estudiado los buques autónomos.

#### **MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks).**

Fue un plan de investigación llevado a cabo por la Comisión Europea, cuyo objetivo era desarrollar el concepto de buque autónomo. Finalizó en junio de 2017.

Este proyecto concluyó diciendo que el concepto de buques no tripulados será aplicado a aquellos lugares en los que se permita una operación segura y económica. En cuanto a la conectividad se estableció que en algunos lugares el ancho de banda satelital es más limitado y el coste muy alto, por lo que el control remoto no es una solución atractiva. Y también se dijo que la adaptación de buque no tripulado es mejor aplicarla en buques nuevos en vez de adaptarla a los buques existentes. El control remoto sería desde un centro de control en tierra con un operador vigilando el buque.[23]

#### **Unmanned Vessels- The DNV GL “ReVolt” Project.**

DNV GL es una entidad de certificación líder a nivel mundial, que ha lanzado un proyecto bautizado como Re-Volt.

Este proyecto es un portacontenedores de 60 metros y con capacidad de 100TEU, consta de un alcance de 100 millas náuticas que puede hacer con la energía de las baterías. ReVolt está alimentado por una batería de 3.000kWh en lugar de usar diesel o fuel oil pesado, por lo que se reducirían las emisiones de tóxicos a la atmósfera

Para este estudio junto con DNV GL, está colaborando la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU) y Kongsberg Maritime, que están haciendo estudios sobre sensores, cámaras y radares que son los que evitarán colisiones.

El proyecto ReVolt se inició como un proyecto de investigación en agosto de 2013 y se lanzó externamente un año después.

Continuará, y se ampliará para incluir instalaciones y capacidades de carga en tierra, como un proyecto de investigación dentro de DNV GL. Con el fin de probar las capacidades autónomas de ReVolt, se ha construido un modelo a escala 1:20. A través de la colaboración con la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología (NTNU), este modelo servirá como prueba en la investigación de sensores y la prevención de colisiones para vehículos de superficie autónomos. Este proyecto de competencia tendrá una duración de tres años a partir del tercer trimestre de 2015.[24]

### **AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications).**

AAWA es un proyecto de 6,6 millones de euros financiado por Tekes, la Agencia de Tecnología Nacional de Innovación de Finlandia. Su objetivo es producir y diseñar soluciones avanzadas para barcos.

En 2015, el proyecto examinó el estado de la industria marítima y analizó lo que se puede aprender de otras industrias como aviones no tripulados o automóviles sin conductor. El proyecto ha hecho hincapié en aspectos de seguridad, económicos, legales y tecnológicos de la operación autónoma y remota.

Reúne a universidades, diseñadores de barcos, fabricantes de equipos y sociedades de clasificación para explorar los factores económicos, sociales, legales, regulatorios y tecnológicos, que deben abordarse para hacer realidad los barcos autónomos.

Este proyecto, está estudiando la agrupación de dispositivos electrónicos que, a través de sensores, informarán al buque, permitiendo que la embarcación pueda navegar evitando colisiones, de forma segura.[8]

Los sensores que controlan al barco, proporcionan una perspectiva precisa y en tiempo real, con la ayuda de imágenes térmicas, cámaras de alta definición y tecnología LIDAR. (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging).

Las tecnologías necesarias para hacer realidad las naves remotas y autónomas se pueden lograr en la actualidad.

El desafío es hacer que la tecnología sea confiable y rentable. Dadas las importantes preocupaciones de seguridad e inversiones financieras involucradas en un solo barco de carga, la tecnología necesitará pruebas exhaustivas antes de ser implementada.

También se destaca que existen grandes problemas legales, regulatorios y de seguros. Incluso si la tecnología se perfecciona, las empresas no usarán buques remotos y autónomos a menos que los países cambien sus leyes para permitirles operar.

### **SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation).**

A principios de este año, Rolls-Royce y Finferries comenzaron a colaborar en un nuevo proyecto de investigación llamado SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation), para continuar implementando los resultados del anterior proyecto de investigación Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA), financiado por Business Finland.[25]

## **3.2 Empresas con proyectos de buques autónomos.**

“Los buques del futuro”, en los que participan 50 empresas, institutos de investigación, organizaciones académicas y asociaciones interesadas, se pusieron en marcha a finales de 2014. El programa ha establecido objetivos ambiciosos para 2050, incluida una reducción del 80% en el dióxido de carbono. y una reducción del 100 por ciento en las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno.

Rolls Royce, junto con los otros socios en el proyecto AAWA, DNV GL, Inmarsat, Deltamarian, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries y ESLShipping, y el apoyo de Tekes son las empresas que lideran esta revolución de buques autónomos.



### 3.2.1 WARTSILA.

Es líder mundial en tecnologías inteligentes y soluciones para mercados marinos y energéticos.

El grupo Wärtsilä ha completado con éxito, en presencia de la Autoridad Marítima de Noruega (NMA), una prueba automatizada de muelle a muelle con el ferry “Folgefonn”, propiedad del operador noruego de ferry Norled

En 2015, el transbordador de automóviles "MF Folgefonn" se actualizó en un transbordador híbrido. El ferry sirve de conexión entre las islas de Stord, Tysnes y Huglo en Noruega. Puede funcionar como diésel eléctrico convencional, como híbrido eléctrico y híbrido enchufable.

Y en abril de 2018 el transbordador de forma autónoma visitó tres puertos y cuando el operador seleccionó el siguiente puerto de destino, la operación dio paso solamente seleccionado una tecla, que autoriza al controlador autónomo a tomar el mando del buque. El barco maniobró y atracó sin intervención humana.

La navegación se controla con una serie de puntos de referencia que guían a la embarcación. El controlador autónomo se basa en el sistema de posicionamiento dinámico de Wärtsilä, que controla la velocidad del barco, posición, rumbo. El GNSS se utiliza como sensor primario y CyScan As marino de Wärtsilä Guidance, se está probando como sensor secundario para posibles acercamientos.

Innovation Norway y autoridades marítimas noruegas ha otorgado subvenciones tanto a Wärtsilä como a Norled para la prueba de la tecnología de acoplamiento automático.

[26]

*Imagen 9. Transbordador “MF Folgefonn”.*



*Fuente: [www.gcaptain.com/](http://www.gcaptain.com/)*

### ***CARACTERÍSTICAS BUQUE MF FOLGEFONN:***

---

- **IMO:** 9172090
- **MMSI:** 259530000
- **DISTINTIVO DE LLAMADA:** LJJR
- **BANDERA:** Noruega
- **ESLORA:** 84.7m
- **MANGA:** 15m
- **PESO MUERTO:** 597T
- **ARQUEO BRUTO:** 1182
- **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** 1998

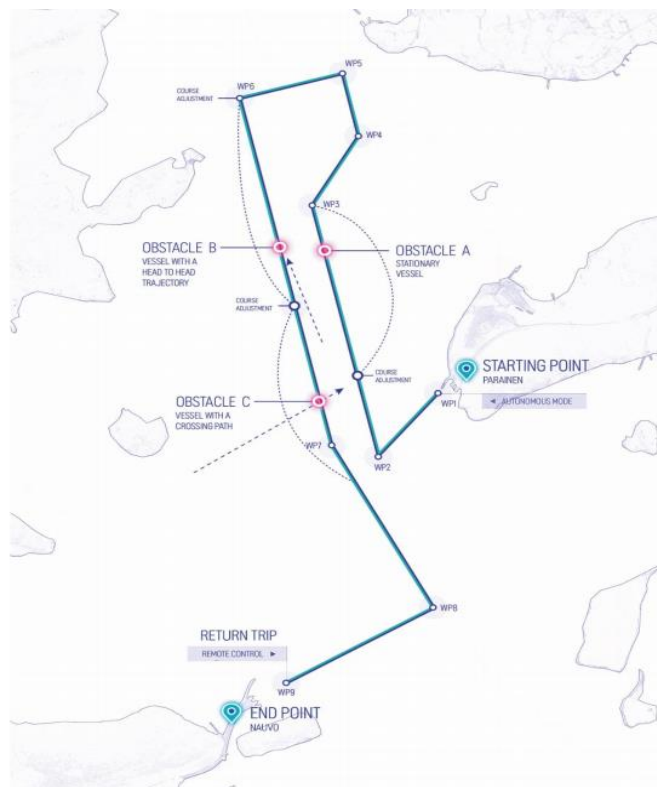
[27]

### 3.2.2. Rolls Royce y Finferries.

La cooperación de estas dos empresas inició en mayo. Y el día 3 de diciembre de 2018 fue el día en que un ferry realizó la primera navegación autónoma entre las ciudades finlandesas de Parainen y Nauvo.

El centro de operaciones fue instalado en el centro de operaciones de Finferries, a 50km de Turku y en el viaje de ida el buque “Falco” realizó el viaje de manera autónoma aunque supervisado por una persona desde el centro de control y la vuelta fue realizada bajo control remoto.

*Imagen 10.Ruta en navegación autónoma del buque*



*Falco. Fuente: [www.breakingwaves.fi](http://www.breakingwaves.fi)*

En esta imagen se observa como el buque Falco hace la navegación desde Parainen hasta Nauvo, encontrándose tres obstáculos, que son evitados de forma autónoma sin ningún tipo de problema.

A la vuelta del viaje se estableció el control remoto con la estación de control en tierra, construida en la oficina de Finferries a 45km del archipiélago de Turku. El capitán que se encontraba en la estación de control logró coger el control remoto del buque Falco, en frente del capitán se encontraban unas pantallas curvas de video que mostraban todo lo necesario para que se pudiera manejar el buque desde tierra. Este centro cuenta con una combinación de Wifi y 4G y tecnologías satelitales de alta resolución y conectividad.[28]

*Imagen 11. Buque Falco.*



*Fuente: [www.theengineer.co.uk](http://www.theengineer.co.uk)*

### ***CARACTERISTICAS BUQUE FALCO:***

---

- **IMO:** 8685741
- **MMSI:** 230987390
- **DISTINTIVO DE LLAMADA:** OI7119

- **BANDERA:** Finlandia
- **ESLORA:** 52m
- **MANGA:** 12m
- **ARQUEO BRUTO:** 517
- **PESO MUERTO:** 129 Tn
- **AÑO DE CONSTRUCCIÓN:** 1993
- **TIPO:** Pasajeros.

[29]

El buque Falco en su viaje detectó objetos utilizando sensores e inteligencia artificial lo que evitó colisiones. También atracó automáticamente con un sistema de navegación que permite al barco alterar el rumbo y la velocidad automáticamente cuando se acerca al puerto.

Según Rolls-Royce, el buque Falco está equipado con sensores avanzados que le permiten construir una imagen detallada del entorno en tiempo real. La imagen de la situación se crea mediante los datos del sensor y su transmisión al centro de operaciones remoto. En este centro el capitán supervisa las operaciones y puede tomar el control del barco en cualquier momento si fuera necesario.

### **3.2.3. KONSBERG.**

Este proyecto viene de la mano de dos compañías Noruegas. Kongsberg Gruppen (Empresa de tecnología marítima) y Yara Internacional (Empresa de agricultura), que se han asociado para llevar a cabo en conjunto, la construcción de un buque autónomo.

El proyecto se inició para mejorar la logística en la planta de fertilizantes Porsgrunn de Yara. Todos los días se necesitan más de 100 viajes de camiones para transportar productos desde la planta de Porsgrunn de Yara a puertos en Brevik y Larvik, donde la compañía envía productos a clientes de todo el mundo. Con este nuevo proyecto iniciado por la empresa Kongsberg se mueve el transporte de carretera al mar y se

reduciría las emisiones de ruido, polvo, mejora la seguridad en las carreteras y reduce las emisiones de NOx y Co2

Es la empresa que responde al desarrollo del primer buque portacontenedores de propulsión eléctrica y completamente autónomo.

Está aún en desarrollo y se estima que para principios 2020 será lanzado. Sin embargo seguirán haciendo pruebas, hasta que en 2022 navegará de forma autónoma.[30]

*Imagen 12.Yara Birkeland.*



*Fuente: [www.excelenciasdelmotor.com](http://www.excelenciasdelmotor.com)*

#### ***CARACTERÍSTICAS DE YARA BIRKELAND:***

---

- **ESLORA:**79.5m
- **MANGA:** 14.8m
- **CALADO EN LASTRE:** 3m
- **CALADO EN MÁXIMA CARGA:** 6m
- **FRANCOBORDO:** 10.8m
- **VELOCIDAD DE TRABAJO:** 6nudos
- **VELOCIDAD MÁXIMA:** 13 nudos
- **CAPACIDAD DE CARGA:** 120 TEU
- **PESO MUERTO:** 3200 Tn
- **SISTEMA DE PROPULSIÓN:** eléctrico

- **PROPULSIÓN:** 2 hélices acimutales con tobera
- 7 Baterías de 9Mwh
- **SENSORES DE PRÓXIMIDAD** (*no se especifica modelo*): RADAR, LIDAR, AIS, cámaras, IR cámaras.
- Sistema de comunicación por radio banda ancha y sistemas satelitarios (tampoco se especifica modelo ni formato)
- **CARGA,DESCARGA Y ATRAQUE:**Carga y descarga mediante grúas automáticas eléctricas. El buque lleva lastre sólido permanente. Sistema de amarre automático sin intervención humana.

[31]

### 3.2.4 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).

Es una agencia del Departamento de Defensa de EE.UU responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para uso militar.

Sea Hunters es el primer barco autónomo de la US Navy, es un cazador de submarinos que está preparado para navegar 90 días de forma autónoma, sin ninguna persona que lo controle a bordo o de forma remota, mediante sensores de alta tecnología y un sistema de control avanzado que han sido desarrollados por la empresa Spatial Integrated Systems. Estos algoritmos creados por Spatial Integrated System hacen que se eviten accidentes y también a otros buques.

Darpa puso en desarrollo en 2010 el Sea Hunters o también llamado ACTUV (**Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel**).

Fue en el astillero Vigor Industrial de Oregon en EE.UU donde se construyó este cazador de submarinos con un presupuesto de 20 millones de dólares.



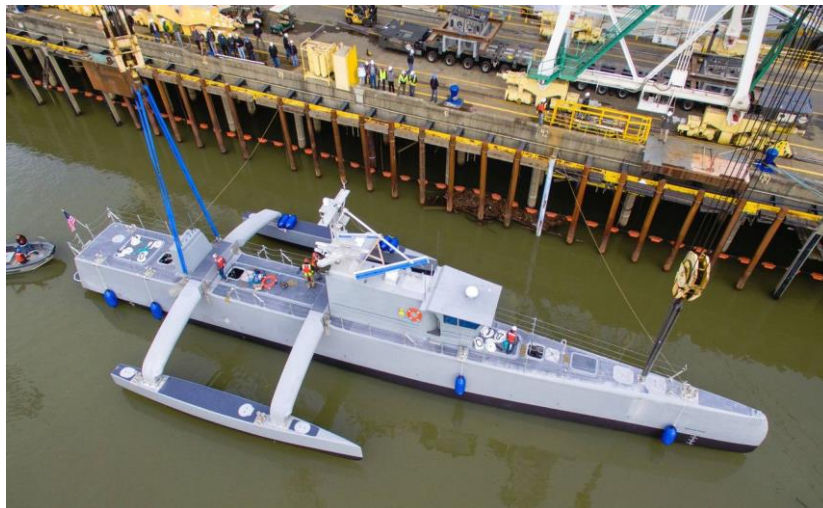
En 2016 fue puesto a flote y se han realizado pruebas de mar para comprobar la funcionalidad del proyecto, incluso ha hecho ya misiones de vigilancia o antiminas. Es un trimarán lo que permite gran estabilidad con un casco de poco calado.

Una persona mantiene la vigilancia del Sea Hunters, observando desde tierra y podría tomar el control del buque con un sistema llamado Sparse Supervisory.

El coste del Sea Hunter son 15.000 euros al día, muchísimo menos que 600.000 euros que es lo que hace falta para operar un destructor.

El Sea Hunters navegó de forma autónoma en febrero de 2019 desde San Diego a Pearl Harbor, Hawaii, continuarán haciéndose pruebas a lo largo del 2019.[32]

*Imagen 13 Sea Hunter.*



*Fuente: [www.thedrive.com](http://www.thedrive.com)*

### ***CARACTERISTICAS DE SEA HUNTER:***

---

- **MMSI:** 369970970
- **CONSTRUCTOR:** Vigor Industrial.
- **ADQUIRIDO:** Abril 2016
- **ESLORA:** 40 m
- **ESTADO:** pruebas de mar



- **TIPO:** Vehículo de superficie no tripulado.
- **DESPLAZAMIENTO:** 135 toneladas (estándar) ,145 toneladas (carga completa)
- **PROPULSIÓN:** 2x motores diésel
- **VELOCIDAD:** 27 nudos
- **RESISTENCIA:**30-90 días sin suministro.

[33]

### 3.2.5 Empresa Nippon Yusen Kaisha (NYK).

La naviera japonesa Nippon Yusen Kaisha (NYK), es una de las mayores compañías de transporte del mundo, parte del consorcio Mitsubishi.

Esta empresa forma parte de una de las tantas empresas que están trabajando para el desarrollo de buques autónomos, en el que habrá un gran ahorro económico e incrementará de forma notable la seguridad.

Mitsui O.S.K. Lines y Nippon Yusen planean dividir los costos y compartir el proyecto. Se cree que el desarrollo de la tecnología costará decenas de miles de millones de yenes, o cientos de millones de dólares.

Nippon Yusen está investigando tecnología que pueda evitar riesgos de colisión y Japan Marine está estudiando un sistema para identificar averías antes de que puedan ocurrir, analizando el barco en sí, como el estado de sus motores y el combustible.

La inteligencia artificial se conectaría a una red con varios dispositivos y usaría datos sobre el clima, el mar y obstáculos peligrosos para poder hacer una ruta más corta y por consiguiente ahorrar en consumo.

Japan Marine United, incorporará el sistema de autonavegación en los nuevos buques, esperan construir alrededor de 250 buques automatizados. Más de 10 constructores

navales japoneses, incluyendo Mitsubishi Heavy Industries e Imabari Shipbuilding están trabajando juntos para decidir nuevos estándares de eficiencia de combustible.

El Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo también apoyará la asociación a través de la recopilación de información y otros medios. Esta cooperación entre los sectores público y privado está orientada a impulsar el desarrollo y ayudar a posicionar la tecnología japonesa como el estándar internacional.

El diseño inicial incluye un mínimo de tripulación para hacerse cargo de algunas operaciones, siendo el objetivo final los buques completamente autónomos. Por lo que se distingue de Rolls Royce, que propone naves no tripuladas que son manejadas a control remoto por un operario en tierra, en una estación de control, pero también se espera que en los próximos 20 años sean completamente autónomas.[34]

Las empresas de construcción naval más importantes de Japón apuestan por la experiencia tecnológica de su país para mejorar su posición actual en el mundo.

A principios de este año, el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón anunció un proyecto conjunto entre Mitsui O.S.K. Lines y Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. desarrollarán naves autónomas. El consorcio de investigación está reuniendo a empresas, agencias gubernamentales y universidades para crear un concepto tecnológico para buques autónomos.

Se espera que el esfuerzo de I + D cueste cientos de millones. El objetivo es compartir la experiencia entre varias compañías navieras japonesas para tener buques autónomos para 2025.

#### **4. Entrevista a la OMI por Shipyards**

Natasha Brown, Oficial de Medios y Comunicaciones de la OMI, se reunió con un miembro de Shipyards en Londres para proporcionar información sobre los buques sin tripulación, y realizó una entrevista bastante interesante sobre el tema. (4 de marzo de 2019).

Shipyards pregunta: “La OMI ha establecido que existen cuatro niveles autonomía. ¿Podrías explicar qué son y su contexto?”

Natasha Brown: “El propósito es observar si las regulaciones vigentes permiten diferentes niveles de autonomía o si deben modificarse para permitir otros nuevos. Hemos identificado cuatro niveles diferentes de autonomía. Primero, buques con procesos automatizados donde la gente de mar todavía está a bordo, controlando y operando algunos sistemas. En segundo lugar, los barcos controlados a distancia desde tierra con la gente de mar a bordo. Tercero: los buques controlados a distancia sin tripulación a bordo. Y cuarto, la nave de inteligencia artificial, totalmente autónoma. Para cada nivel de autonomía puede haber diferentes regulaciones, o podemos ser capaces de incorporarlos en las legislaciones actuales. Estamos trabajando para presentar nuevas reglas u orientaciones, según sea necesario.”

Shipyards: “La viabilidad de buques totalmente autónomos a escala global dependerá de su capacidad para enfrentar desafíos, tales como ataques, rutas de alto tráfico y situaciones de emergencia sin tripulación a bordo. ¿Cuáles son algunas preguntas críticas que la OMI está tratando de resolver en estos casos?”

Natasha Brown: “Si se tiene un barco averiado en medio del océano sin tripulación a bordo, ¿cómo se repararía? Las cosas van a ir mal en algún momento, al igual que toda la tecnología, sin importar qué tan avanzada esté. ¿Será factible enviar personas? Hay muchas preguntas por responder.

Además, la ciberseguridad va a ser un problema. Si todo va a estar completamente automatizado, se necesitan personas capacitadas que puedan lidiar con cualquier problema y asegurarse de que existan medidas de seguridad. Tendremos que pensar en cómo evitar que los piratas informáticos ataquen el sistema de automatización. Lo más probable es que todavía se necesite tripulación.”

Shipyards: “¿Cómo está trabajando la OMI para la cooperación internacional y la participación en el desarrollo y la innovación?”

Natasha Brown: “Hay espacio para pruebas en el reglamento, que permite a todos los estados miembros probar una tecnología si pueden demostrar que es al menos tan segura como la actual. No puedes simplemente enviar un barco autónomo a una zona concurrida como el Estrecho de Dover antes de demostrar que es seguro. Los barcos tendrían que estar en una etapa muy avanzada antes de que se les permita entrar en áreas tan concurridas. A medida que se adquiera más experiencia con estas tecnologías, se podrían modificar las regulaciones para que se ajusten a las necesidades de la industria y para lograr la estandarización, como ha sido el caso con otros sistemas anteriormente.”

Shipyards: “Otra preocupación, es el papel de la gente de mar. ¿Qué tan alto es este riesgo?”

Natasha: “En cualquier industria, va a haber cambios a medida que se incorpore la tecnología. Pero es difícil imaginar que todos los barcos de todo el mundo ya no tendrán tripulaciones. Aún se necesita gente que controle los barcos.

Shipyards: “A medida que las tecnologías se han desarrollado en el pasado, siempre hemos visto una serie de beneficios que vienen con ellas. En el caso de la automatización en la industria marítima, es probable que los mayores beneficios se encuentren en una mayor seguridad, un medio ambiente más limpio y una reducción del error humano. ¿Cuál será el papel de las regulaciones internacionales en este aspecto?”

Natasha Brown: “Ese es el objetivo, garantizar que cualquier tipo de embarcación nueva que se presente o cualquier nuevo nivel de automatización sea tan seguro, o más, que lo que exigen las normas en este momento. Las regulaciones no permitirían que un barco sea menos seguro. El mayor beneficio vendrá de la mano del uso de estos sistemas automatizados, para controlar y monitorear las operaciones. Por ejemplo, se podrá alertar a la tripulación si hay cualquier problema con el motor o con el tanque de

combustible, lo que permite que la tripulación reaccione y prevenga derrames o desastres.

Otro beneficio provendrá de aumentar la eficiencia y reducir los costos. Por ejemplo, a través de una mejor comunicación puerto-puerto. Un barco que llega a un puerto con atraques ocupados por lo que, puede saber cuándo reducir la velocidad, de modo que pueda llegar un día después cuando haya un atraque libre. Aprovechar estas comunicaciones permite a los barcos quemar menos combustible y ser más eficientes. Una mejor coordinación también mejora la eficiencia y facilita la logística. En la OMI, fomentamos el uso de las tecnologías disponibles para alcanzar los objetivos que estamos estableciendo en la industria.”

Shipyards: “Lo que vemos en las primeras pruebas, son barcos relativamente pequeños que se están construyendo para viajes y condiciones específicas. ¿Cuándo esta tendencia afectará a los grandes barcos que navegan en alta mar?”

Natasha Brown: “Si piensa en la cantidad de comercio que se transporta por mar, más de 10,6 billones de toneladas por año, será difícil reemplazar repentinamente todos esos barcos de la noche a la mañana con nuevos buques autónomos. La gente no va a reemplazar repentinamente a todos sus barcos porque hay inversiones y costos involucrados. Tiene que haber un período de cambio de fase. También tendremos que tener en cuenta la demanda de comercio durante el proceso de cambio. No creo que nadie esté en contra de las ventajas de la tecnología, pero la gente no quiere grandes cambios de la noche a la mañana y hay que tener en cuenta el impacto en las partes involucradas. Si hay un cambio, es probable que sea gradual.” [35]

En cuanto a esta entrevista, la conclusión, es que aún queda mucho trabajo por delante y muchas cuestiones que abordar. Lo que sí está claro es que las instituciones Internacionales no van a arriesgar tan rápido, primero están analizando como actuarían este tipo de embarcaciones y poder ir implementándolas paulatinamente al sector

marítimo. Otro aspecto que está claro, es que los buques sin tripulación deberán ser igual de seguros o más que los actuales, por lo que la ciberseguridad en estos barcos automatizados es el problema principal que ha de solucionarse si se quiere que los barcos sean completamente autónomos en un futuro.

## **5. Ventajas y desventajas de un buque autónomo.**

**Lo más ventajoso para las empresas** al construir buques autónomos es el ahorro que se produce en las compañías navieras. La tripulación consume casi el 44% de gastos en un barco. Por lo que el diseño de la embarcación se puede replantear, el diseño del barco sería sin puente de mandos, ni camarotes, ni baños, por lo que reduciría el peso del barco, con lo cual se ahorra combustible y se producirían menos gases nocivos hacia la atmósfera.

La tripulación se movería a centros de control en tierra, lo que el total del personal podría reducirse al mínimo. El mantenimiento del barco sería realizado por un equipo especializado en puerto.

Según empresas con proyectos hacia estos barcos autónomos se comenta que el precio del barco se elevaría al comenzar ya que cuenta con sistemas innovadores, pero con el tiempo el costo es significativamente menos que el coste de un buque convencional.

Es posible que los buques autónomos mejoren la seguridad a bordo y se reduzca el riesgo de accidente, ya que alrededor del 75-96% de los accidentes marítimos son causados por el error humano, ya sea por fatiga, comunicación inadecuada o decisiones basada en información errónea.

Las naves autónomas podrían reducir estos errores humanos y contribuirán también al descanso más prolongado para los operadores.

Las cámaras y sensores que se utilizan, captan mejor que el propio ojo humano, sobretodo en la detección de pequeños objetos en mal tiempo y visibilidad.

Aún no está claro si los buques no tripulados serán de mayor o menos interés para los piratas, pero rara vez los rescates se pagan solo por carga, ya que estos suelen utilizar a la tripulación como rehén. En caso de ataque el operador desde el centro de control podría cerrar el barco y dejar a los piratas en un barco inmóvil.

El sistema informático del barco será capaz de hacer la mayoría de tareas y tomar decisiones por sí mismo, lo que le da al operador más tiempo para otras tareas e incluso para poder estar a cargo de un flota de buque en vez de un solo barco.

**Uno de los mayores problemas** es la seguridad de confiar únicamente en la tecnología para operar barcos a grandes distancias oceánicas. Algunos piensan que los barcos autónomos tendrían menos accidentes porque la mayoría de los accidentes marítimos involucran colisiones, causadas por humanos. La ciber-seguridad es uno de los problemas más graves a tratar en este tipo de barcos sin tripulación.

Una de las desventajas es que sin la intervención de tripulación los accidentes pueden ser agravados, un ejemplo claro es un incendio a bordo, sin una tripulación que actúe como bomberos, es más difícil extinguirlo. Aunque se plantea que los materiales de construcción sean ignífugos, los motores funcionen con electricidad y los sistemas de CO2 estarán programados de forma automática.

Otro problema es el costo total del buque que será mucho más caro al tener tanta tecnología y sistemas para complacer la seguridad.

En cuanto a puestos de trabajo, basándonos en situaciones similares en el pasado en otras industrias, es inevitable que disminuya la cantidad de gente de mar. Aunque es cierto que estos cambios también crearán nuevas oportunidades de empleo. Un gran número de marinos que tendrán problemas para encontrar trabajo, se verán obligados a buscar nuevas oportunidades en los diferentes campos de ocupación se ofertarán.

También cambiará el tipo de gente de mar que se necesita, en términos de capacitación, conocimiento y comportamiento. Las características como la resolución eficiente de problemas, la capacidad, la flexibilidad en el cambio, la adaptabilidad y otras, serán sumamente importante en el ámbito marítimo.

Está claro que aún son muchos los problemas que se deben resolver antes de que estos barcos se conviertan en una opción internacional.



## **Conclusión.**

Dado que la tecnología está avanzando de una forma considerable, se ha podido llevar a cabo este tipo de buques inteligentes. Son infinitas las pruebas que aún se están haciendo para el buen desarrollo de este tipo de naves, ya que es complicado abarcar todas las ramas tecnológicas y a su vez las leyes que han de complementarse entre sí. Hay que destacar que cada vez se está más cerca de tener embarcaciones completamente autónomas, se estima que para 2035, ésta sea ya una realidad.

La tecnología necesaria para que los buques autónomos empiecen a navegar ya existe pero habrá que esperar a las regulaciones necesarias para que pueda ser llevado a cabo. Aun no existe regulaciones internacionales sobre estos buques, pero sí que han sido participes algunas sociedades de clasificación, creando guías para buques autónomos y como actuar en distintos casos.

Las amenazas a la ciberseguridad será la causa más probable de demora en la entrada en vigor de los buques totalmente autónomos.

En este trabajo se ha intentado plasmar toda la información que se encuentra al alcance del usuario para que el receptor entienda y se haga una idea como es el proyecto de este tipo de embarcaciones, ya que aún queda una trayectoria por delante para que esto sea una realidad en el ámbito internacional. Las propuestas son unas, pero finalmente la OMI no se arriesgara tan drásticamente a obtener este tipo de buques si no son más seguros que los actuales, por lo que aún se está estudiando y quedará recorrido para implantar estas embarcaciones completamente autónomas

## Bibliografía.

### TEXTO:

#### CAPITULO 1:

- [1] C. E. J. Muñoz, «BREVE HISTORIA DE LA PROPULSIÓN NAVAL,» 26 Junio 2007. [En línea]. Available: [http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=34&Itemid=1%202+](http://www.mnve.mil.ve/web/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=1%202+).
- [2] M. L. G. Moreno, «DEL VAPOR A LA ENERGÍA NUCLEAR,» Revista Verde Olivo,, 2011. [En línea]. Available: <https://www.fundeu.es/noticia/del-vapor-a-la-energia-nuclear-6813/>.
- [3] «PENSAMIENTO SOBRE “INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN DEL SIGLO XV”,» [En línea]. Available: <https://foliosdehistorias.wordpress.com/temas-politicos/cristobal-colon-y-el-descubrimiento-de-america/instrumentos-de-navegacion-del-siglo-xv/>.
- [4] J. M. V. Arenal, «Posicionamiento dinámico: Principios, características y operaciones,» 2012. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1414/Jos%C3%A9%20Manuel%20Villar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] gCaptain, «Finnish Shipowner to Test Autonomous Cargo Handling Technology Aboard LNG-Powered Bulk Carriers,» Junio 2017. [En línea]. Available: <https://gcaptain.com/finnish-shipowner-to-test-autonomous-cargo-handling-technology-on-lng-powered-bulkers/>.
- [6] «Desenvolvimento dun robot subacuático para a inspección e mantemento de cascos non magnéticos,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.gii.udc.es/proyectos/detalle/189>.
- [7] «WORLD’S FIRST CLASS APPROVED 3D PRINTED SHIP’S PROPELLER UNVEILED,» [En línea]. Available: <https://www.damen.com/en/news/2017/11/worlds-first-class-approved-3d-printed-ships-propeller-unveiled>.

**CAPÍTULO 2:**

[8] M. Laurinen, «AWWA. Advanced Autonomous Waterborne Applications,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>.

[9] R. V. Caro, «¿Es lo mismo un buque “AUTÓNOMO” que un buque “INTELIGENTE”?,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.exponav.org/es-lo-mismo-un-buque-autonomo-que-un-buque-inteligente/>.

[10] L. Register, «Design Code for Unmanned Marine Systems,» Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.cdinfo.lr.org/information/documents/ShipRight/Design%20and%20Construction/Additional%20Design%20Procedures/Design%20Code%20for%20Unmanned%20Marine%20Systems/Design%20Code%20for%20Unmanned%20Marine%20Systems,%20February%202017.pdf>.

[11] B. Veritas, «Guidelines for Autonomous Shipping,» Diciembre 2017. [En línea]. Available: [https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI\\_2017-12.pdf](https://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI_2017-12.pdf).

[12] R. Royce, «Autonomous Ships,» [En línea]. Available: <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>.

[13] «El futuro de la automatización en puertos y terminales,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.icontainers.com/es/2018/10/09/el-futuro-de-la-automatizacion-en-puertos-y-terminales/>.

[14] R. Villa Caro, «Novedosos sistemas automáticos de amarre de buques en puertos,» [En línea]. Available: <http://www.gii.udc.es/img/gii/files/Novedosos%20sistemas%20autom%C3%A1ticos%20de%20amarre%20de%20buques.pdf>.

[15] iberdrola, «¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?,» [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/te-interesa/tecnologia/que-es-inteligencia-artificial>.

- [16] Kongsberg, «GNSS COMPASS AND POSITION SENSOR,» [En línea]. Available: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/bridge-systems-and-control-centres/navigation-system/gnss-compass-and-position-sensor?OpenDocument>).
- [17] KONGSBERG, «MOTION REFERENCE UNIT,» [En línea]. Available: <https://www.kongsberg.com/maritime/products/vessel-reference-systems/motion-and-heading-sensors/motion-reference-unit/>.
- [18] S. Arteaga, «Intel y Rolls-Royce se asocian para crear barcos autónomos,» 2018 Octubre. [En línea]. Available: <https://computerhoy.com/noticias/motor/intel-rolls-royce-asocian-crear-barcos-autonomos-315407>.
- [19] L. Register, «Cyber-enabled ships,» Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.arbitrage-maritime.org/fr/Gazette/G43complement/lloyds.pdf>.
- [20] S. Öhland, «Interaction Between Unmanned Vessels and COLREGS,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125252/Ohland\\_Sebastian-Stenman\\_Axel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125252/Ohland_Sebastian-Stenman_Axel.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [21] R. Royce, «MAXCMAS success suggests COLREGs remain relevant for autonomous ships,» Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/21-03-2018-maxcmas-success-suggests-colregs-remain-relevant-for-autonomous-ships.aspx>.
- [22] K. Marine, «Rumbo al derecho de la navegación marítima,» 2018 Julio. [En línea]. Available: [https://www.kennedyslaw.com/media/3293/heading-for-automated-maritime-navigation-law\\_spanish.pdf](https://www.kennedyslaw.com/media/3293/heading-for-automated-maritime-navigation-law_spanish.pdf).

### **CAPITULO 3:**

- [23] «Munin Project,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.unmanned-ship.org/munin/test-area-for-autonomous-ship-installed/>.
- [24] «The ReVolt A new inspirational ship concept,» [En línea]. Available: <https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html>.

[25] R. R. y. FinFerries, «SVAN - Safer Vessel with Autonomous Navigation,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2018/12/SVAN-presentation.pdf>.

[26] «MF Folgefonn,» [En línea]. Available: <https://www.wartsila.com/marine/customer-segments/references/ferry/mf-folgefonn>.

Wartsila, «Look, Ma, No Hands! Auto-docking ferry successfully tested in Norway,» [En línea]. Available: <https://www.wartsila.com/twentyfour7/innovation/look-ma-no-hands-auto-docking-ferry-successfully-tested-in-norway>.

[27] «Marine Traffic,» [En línea]. Available: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/shipid:314185/mmsi:259530000/imo:9172090/vessel:FOLGEFONN>.

[28] «Rolls-Royce and Finferries demonstrate world's first Fully Autonomous Ferry,» Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx>.

[29] «Marine Traffic. Falco,» [En línea]. Available: <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/230987390>.

[30] Kongsberg, «YARA AND KONGSBERG ENTER INTO PARTNERSHIP TO BUILD WORLD'S FIRST AUTONOMOUS AND ZERO EMISSIONS SHIP,» [En línea]. Available: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/news-and-media/news-archive/2017/yara-and-kongsberg-enter-into-partnership-to-build-worlds-first-autonomous-and/>.

[31] «Yara Birkeland press kit,» [En línea]. Available: <https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/>.

[32] J. A. Oliveira, «Sea Hunter, el cazador de submarinos autónomo de la US Navy,» [En línea]. Available: <https://vadebarcos.net/2018/09/15/sea-hunter-el-cazador-de-submarinos-autonomo-de-la-us-navy/>.

[33] Wikipedia, «Sea Hunter,» [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sea\\_Hunter](https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_Hunter).

[34] «Japan aims to launch self-piloting ships by 2025,» [En línea]. Available: <https://asia.nikkei.com/Tech-Science/Tech/Japan-aims-to-launch-self-piloting-ships-by-2025>.

[35] Shipyard, «The Future Of Autonomous Shipping,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.theshipyardblog.com/single-post/2019/03/04/The-Future-of-Autonomous-Shipping-The-IMO-on-the-Impact-of-Autonomous-and-Unmanned-Marine-Systems>.

## **IMÁGENES:**

Imagen 1. Tipos de buques siglo XV al XIX:

<https://www.pinterest.es/pin/537335799272781547/>

Imagen 2. Buque granelero con sistema autónomo de descarga

<https://gcaptain.com/finnish-shipowner-to-test-autonomous-cargo-handling-technology-on-Ing-powered-bulkers/>

Imagen 3. Robot subacuático:

<http://www.gii.udc.es/proyectos/detalle/189>

Imagen 4 Centro de control en tierra.

<https://www.breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2018/12/SVAN-presentation.pdf>

Imagen 5. Sistema de amarre semiautomático. TTS Marine

<http://trends.nauticexpo.es/tts-marine/project-31735-313157.html>

Imagen 6. Sistema de amarre magnético.

<https://www.maritimejournal.com/news101/industry-news/quicken-up-the-bunkering-process>

Imagen 7. Sistema de amarre por vacío.

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Amarre-de-buque-porta-contenedores-mediante-un-sistema-de-ventosas-de-vacio\\_fig2\\_275958933](https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Amarre-de-buque-porta-contenedores-mediante-un-sistema-de-ventosas-de-vacio_fig2_275958933)

Imagen 8. Sistema de amarre “Shoretension”

<http://innovacion.portsdebalears.com/en/proyecto/shoretension-un-novedoso-sistema-de-amarre/>

Imagen 9. Transbordador “MF Folgefonn

<https://gcaptain.com/visiting-three-ports-ferry-successfully-completes-fully-autonomous-test-in-norway/>

Imagen 10. Ruta navegada autónomamente del buque Falco

<https://www.breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2018/12/SVAN-presentation.pdf>

Imagen 11. Buque Falco.

<https://www.theengineer.co.uk/falco-autonomous-ferry-rolls-royce/>

Imagen 12. Yara Birkeland.

<https://www.excelenciasdelmotor.com/otras-secciones/maritimo/yara-birkeland-el-balsamo-de-los-mares-nordicos>

Imagen 13. Sea Hunter.

<https://www.thedrive.com/the-war-zone/18264/navys-sea-hunter-drone-ship-is-getting-a-new-owner-new-abilities-and-a-sister>

