



Artículo

## **El estudio de los buques de superficie autónomos, inteligentes y sostenibles: la extinción de las tripulaciones de los buques**

Raúl Villa Caro<sup>1</sup>

Universidad de A Coruña (UdC)

España

Trabajo original autorizado para su primera publicación en la Revista RIHUMSO y su difusión y publicación electrónica a través de diversos portales científicos.

Raúl Villa Caro (2019) "El estudio de los buques de superficie autónomos, inteligentes y sostenibles: la extinción de las tripulaciones de los buques" en RIHUMSO nº 15, año 8, (15 de Mayo de 2019 al 14 de Noviembre de 2019) pp. 45-56 ISSN 2250-8139

Recibido: 01-12-2018

Aceptado: 29-04-2019

---

<sup>1</sup> Licenciado en Marina Civil (sección Náutica) en la Universidad del País Vasco. En 2001 obtiene el empleo de A.N. del Cuerpo General de la Armada y en 2005 la patente del Cuerpo de Ingenieros de la Armada. En el año 2001 adquiere el título de Ingeniero Técnico Naval en la Universidad de A Coruña y en 2010 el título de Ingeniero Naval y Oceánico y el Diploma de Estudios Avanzados. En 2003 obtiene el título profesional de Capitán de la Marina Mercante. En 2015 adquiere el título de Doctor por la Universidad de A Coruña. Desde Octubre de 2010 está contratado por parte de la UDC como profesor asociado. Su actividad principal, fuera de la UDC, se desarrolla en la Ingeniería de Construcciones de Buques (Arsenal de Ferrol). Desde enero 2013 es Secretario de EXPONAV (Fundación para el Fomento del Conocimiento de la Construcción Naval). E-mail: [raul.villa@udc.es](mailto:raul.villa@udc.es) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9334-2311> Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=cWsBNEAAAAAJ&hl=es>

## Resumen

Desde hace no muchos años, de forma paralela a su aparición en la telefonía móvil, o en automoción, se presentan ante nosotros los denominados buques autónomos o inteligentes. Por ello en 2018 tuvo lugar la primera conferencia internacional sobre este tipo de buques sostenibles, en la que se dieron a conocer todas las investigaciones actuales más destacadas al respecto; y está previsto que a finales de 2019 se celebre el siguiente encuentro. Pero antes de empezar a estudiar los buques autónomos e inteligentes, el primer interrogante a responder sería el siguiente: ¿Un buque autónomo es sinónimo de un buque sostenible inteligente?. Una vez aclarado este punto, el reto consistirá en saber si este tipo de buques conseguirá desplazar a tierra firme a sus actuales tripulantes, para que estos dirijan a los buques sostenibles autónomos a distancia; y en conocer la educación que necesitarán estos nuevos tripulantes en materia de sostenibilidad.

**Palabras clave:** buques autónomos; tripulación; seguridad; sostenibilidad

## Abstract

RESEARCH ON AUTONOMOUS, INTELLIGENT AND SUSTAINABLE VESSELS: EXTINGUISHING CREWS

Not many years ago and parallel to mobile telephony or automotive, autonomous or smart ships were introduced. In 2018, the first international conference on this type of sustainability vessel was held, and the most relevant current investigations have been disseminated. However, the first thing that should be addressed is how are autonomous and intelligent vessels defined. In this context, the first question to be answered is: 'Is an autonomous vessel synonymous from an intelligent sustainability vessel?' Once clarified, the next challenge will be to know if this type of vessel is able to move its current crew to land, so that they direct the autonomous vessels remotely, from land stations; and to know the necessary studies in sustainability matters for the new crew.

**Key words:** Autonomous ships; crew; safety; sustainability

## Introducción

Recientemente se llevó a cabo la primera conferencia internacional sobre buques autónomos con el objetivo de que todas aquellas instituciones, empresas e investigadores involucrados en el estudio de este tipo de barcos, pudieran intercambiar información sobre el desarrollo de sus sistemas. Y por ello en su primera edición se invitó a investigadores de todo el mundo, tanto del sector de la industria, como del ámbito académico.

En este primer encuentro, y entre otros, se trataron temas tales como:

- Desarrollos tecnológicos para los buques autónomos sostenibles.
- Criterios de aceptación de los mismos.
- Aplicaciones innovadoras sobre sostenibilidad en este sector.
- Infraestructuras de los puertos y muelles.
- Reglamentación nacional e internacional existente sobre buques autónomos.

## Definición de buque autónomo (MASS)

A este respecto Villa-Caro (2018a) afirma:

Se entiende por buque *MASS (Marine Autonomous Surface Ship)* todo barco de superficie que pueda navegar sin depender de la interacción humana, controlado en su totalidad por programas de inteligencia artificial, que gestionan y resuelven a través de algoritmos previamente establecidos cualquier eventualidad que pudiera producirse durante un viaje. Estos barcos se dividen en cuatro categorías, dependiendo del grado de autonomía que posean, y podrían navegar con uno o más tipos de autonomías durante un mismo viaje, dependiendo de las necesidades (pp. 398-399).

Esta definición nos lleva a una realidad en la que nos podríamos encontrar en diferentes escenarios. En ellos podrían existir buques con las tripulaciones exigibles actuales (las que marca la normativa vigente), otros con tripulaciones reducidas, y finalmente nos podríamos encontrar buques sin tripulación a bordo, pero que podrían estar gobernando el buque a distancia, desde estaciones en tierra, si fuera necesario.

Por otro lado, Villa-Caro (2018a) también indica que:

En la actualidad se están llevando a cabo pruebas con expectativas de poder disponer de estos barcos autónomos de uso comercial para el año 2020. Aun así,

Rolls-Royce admite que todavía hay mucho trabajo por llevar a cabo, incluyendo la superación de algunos obstáculos normativos (la OMI, los convenios de guardias de mar, los requisitos de las sociedades de clasificación, etcétera). Y eso sin olvidar el tema de la piratería moderna, otro aspecto que se debe tener en cuenta. Habrá que estudiar la forma de proteger los buques de posibles ataques, tanto en la mar, como informáticos a distancia (p 403).

## **Responsabilidad en los MASS**

Los propietarios y armadores de los nuevos buques tipo MASS deben ser los responsables de la seguridad de sus tripulantes, por lo que deben preocuparse de que este tipo de barcos estén dotados de todas las medidas necesarias de seguridad, de modo que se minimicen los riesgos, ya que este tipo de buques sin tripulación, o con dotación reducida, deberán ser al menos tan seguros como los barcos actuales.

Para ello se ha creado un documento en el que se han definido las áreas de operación a considerar en las diferentes navegaciones de los buques, clasificando a los barcos en diferentes categorías de diseño dependiendo de las condiciones medioambientales a las que estarán expuestos. Finalmente, y en función de esas categorías, los apartados de obligado cumplimiento exigibles a los buques serán más o menos restrictivos según el caso.

Por otro lado se ha desarrollado un código para categorizar el nivel de control aplicable a los buques no tripulados. Los niveles a tener en cuenta serán los siguientes:

- Buque con procesos automatizados y apoyo en la toma de decisiones: en este tipo de barcos la tripulación a bordo maneja los buques (aunque podrían existir operaciones automatizadas).
- Buque controlado a distancia pero con tripulación reducida a bordo: en este caso el buque se maneja a distancia desde una estación en tierra, pero existen tripulantes a bordo para solucionar posibles averías que puedan producirse.
- Buque controlado a distancia sin tripulación a bordo: el barco se controla desde tierra y no existe tripulación a bordo.
- Buque totalmente autónomo: el barco será capaz de tomar decisiones sin necesidad de interacción humana mediante algoritmos inteligentes.

Este código identifica varias clases de buque tipo MASS en función del uso previsto para el mismo, así como de su tamaño, velocidad y peligros potenciales a los que podría ser vulnerable. El objetivo de la creación de estas clases es poder discriminar a aquellos MASS que sean muy poco probables de causar accidentes, según su tamaño y

velocidad, de aquellos otros que por la naturaleza de sus dimensiones o su gran velocidad, puedan representar un peligro para otros buques. Estas clases estarán intrínsecamente ligadas a las categorías de buques existentes en el *RIPPA* (Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes).

### **Guardias de navegación, gobierno del buque y control del mismo para prevenir abordajes**

Otro interrogante con el que nos encontramos es el siguiente: ¿podrían desaparecer las guardias de puente en los buques? Hay que tener en cuenta que en los MASS cien por cien autónomos, aquellos que posean algoritmos que permitan maniobrar el buque de forma inteligente sin interacción humana, las funciones típicas de una guardia de navegación pasarán a ser controladas por un módulo de sensores avanzado, de manera que las tareas que antes llevaba a cabo un oficial de puente, ahora se repartirán entre varios procesos de control dentro de toda la gama de parámetros del buque. Por ello, el sistema de navegación autónoma deberá poseer la capacidad para poder maniobrar el buque dentro de los parámetros que le indique su navegación, respondiendo a una serie de posibles algoritmos que gobiernen al buque de acuerdo con las reglas indicadas en el *RIPPA* (COLREG según siglas en inglés), y las buenas prácticas marineras.

Obviamente, para que estas maniobras tengan éxito, el sistema deberá obtener de forma eficiente datos sobre la posición del buque, régimen de velocidad y máquina, parámetros de flotabilidad y estabilidad, etcétera. Hay que tener en cuenta que para navegar de acuerdo al *RIPPA* es necesario mantener una vigilancia permanente del tráfico que rodea al buque. Toda la información que se recopile sobre este entorno debe ser procesada instantáneamente para que en cuanto surja la mínima situación de riesgo de abordaje, el sistema adopte automáticamente las medidas correctoras para evitar la colisión. Por supuesto, además de las reglas del *RIPPA*, el sistema deberá cumplir los convenios *STCW* (convenio de guardias de mar), y *SOLAS* (seguridad en la mar).

### **Ventajas y desventajas de los MASS**

La fiabilidad de los sistemas de los buques autónomos supone un factor muy importante a tener en cuenta. En cualquier caso, la necesidad de tener que modificar casi toda la legislación existente actual, se presenta como uno de los mayores retos a batir para

poder conseguir que los MASS surquen los mares y océanos junto a los buques tradicionales. A fecha actual, varias sociedades de clasificación ya están publicando códigos que indican cuáles son los niveles de fiabilidad que deben ser exigibles a los buques autónomos.

Otro de los factores complicados a tener en cuenta será el de establecer el punto límite o frontera entre lo que pueda ser una toma de decisiones humanas, y lo que serán las decisiones de los propios buques autónomos y sus algoritmos, en caso de que sea necesario establecerlo.

Adicionalmente no se debe olvidar que el buque autónomo siempre exigirá un mantenimiento más estricto que los buques convencionales, ya que en el nuevo escenario futuro no se va a disponer de tripulantes suficientes a bordo para ejecutar las tareas diarias de mantenimiento. Lo que nos lleva a pensar que deberá existir una tripulación en tierra, que se encargará de llevar a cabo las tareas rutinarias, cuando el buque este atracado en puerto, y que no debería provocar que se amplíen las estadías de los buques (el tiempo de plancha), ya que eso significaría un aumento de los gastos.

## **Seguridad, educación y sostenibilidad**

A este respecto Villa-Caro (2018b) indica:

¿Se ha pensado en las averías de los buques? Llegados a este punto también se pregunta si alguien ha pensado en la obligatoriedad de los buques de recoger práctico al llegar a puerto. Se le presenta al menos como curioso, el pensar en la cara que pondrá el práctico cuando embarque en un buque en el que no exista tripulación. Aunque pensándolo en frío también piensa en la posibilidad de que pueda existir también el «tele-practicaje». Cree que nos queda aún mucho camino por recorrer hasta que lleguemos al escenario de buques con tripulación «cero». Pero hasta que se alcance esa meta, valora hasta qué punto se podría reducir la tripulación. Es indudable que los buques deberán poseer muchos sensores que serán imprescindibles, pero no parece esa la parte difícil del asunto. Pensemos por un momento en los tripulantes a distancia que dirigirán el buque, ¿cuántos buques podrán manejar simultáneamente? Pues si la respuesta es sólo uno, no termina de ver cuál es la ventaja del desplazamiento a tierra de los tripulantes. Pero volvamos a bordo, ¿hasta qué punto se podría reducir el personal? Pensemos de nuevo en el número total de oficiales a bordo del buque, ¿hasta qué número se podría reducir la totalidad de los oficiales? (p 38)

Como se puede observar, se plantean una serie de cuestiones de gran calado que afectarán a los nuevos oficiales tripulantes de los buques. Para empezar se deberán modificar los actuales planes de estudio de los oficiales, para que se puedan adaptar a las nuevas realidades de los buques autónomos, y así calcular hasta que número se podría reducir a los tripulantes.

Aunque al respecto, “la actual carrera de Marino mercante, se mantendrá para algunos tipos de buques como los buques tanque y buques de pasaje, pero habrá que darle un notable cambio de rumbo hacia las aplicaciones tecnológicas, en función de las nuevas estrategias” (Barreiro, 2017, p.7).

Además, se debe tener en cuenta que probablemente muchos de los barcos autónomos del futuro serán eléctricos, en aras de obtener mayor sostenibilidad, ya que los buques eléctricos contaminarán en una proporción menor que los actuales barcos. Por todo ello, los tripulantes del futuro deberán poseer una formación y educación en materia de sostenibilidad, que deberá estar plasmada en sus nuevos planes de estudios.

Y aun así, Villa-Caro (2018b) plantea lo siguiente:

¿Podríamos reducir de tres oficiales: el capitán y dos oficiales más, a menos de tres? Yo creo que no. Esos tres superhombres o supermujeres deberían ser capaces de atender todas las necesidades y exigencias del buque «semiautónomo». Su formación debería ser la equivalente a las dos secciones actuales, puente y máquinas, pero complementada y actualizada con todas las nuevas necesidades de estos buques (informática, electrónica, ciberseguridad, etcétera) (p 38).

Uno de los pilares de la defensa de estos buques autónomos es la creencia de que puedan ser más seguros que los buques tradicionales. De hecho, dentro del proyecto MUNIN hay una reflexión muy importante acerca de este tema. “Respecto del personal, hay que determinar los estándares de entrenamiento para las personas a cargo del centro de control remoto de buques, las cantidades de ese personal, y la cantidad de gente necesaria en el centro de control para salvamento” (Nordenstahl, 2017, p. 57).

Respecto al mantenimiento, como ya se ha comentado con anterioridad, se indica que este debe hacerse diariamente, o como máximo cada vez que el buque entre en puerto, lo que en principio se presenta como una desventaja, ya que esto supondrá que el tiempo en puerto de los buques aumente, lo que a su vez supone un aumento de gastos. Además, probablemente algunos de esos mantenimientos interfieran con las operaciones de carga y descarga, lo que aún acrecentará más el problema anterior. En cualquier caso no se puede olvidar que ese mantenimiento diario será el que garantice que el buque este en buenas condiciones y, por lo tanto, será el factor que pueda evitar pérdidas de gobierno durante las navegaciones, que puedan provocar accidentes.

Otras de las cuestiones que más preocupan son las relacionadas con las situaciones de emergencia y el tiempo de respuesta de los buques autónomos ante ellas, y ello sin olvidar las relativas a la ciberseguridad.

## **Problemas y exigencias para la adaptación legislativa al nuevo escenario de los MASS**

La OMI (Organización Marítima Internacional) inicialmente debe identificar las disposiciones actuales existentes de su reglamentación que puedan ser susceptibles de necesitar ser modificadas ante la llegada de los buques con diversos grados de autonomía, para en una segunda etapa llevar a cabo un análisis más profundo que determine exactamente en qué deben consistir esos cambios. Entre los documentos OMI que habrá que seleccionar en la etapa inicial se deben encontrar todos aquellos relacionados con la seguridad en la mar (convenio Solas), con el Reglamento de abordajes (RIPPA), con la carga y estabilidad (convenios de arqueo y líneas de carga), con la formación de la gente de mar (convenio STCW), y con la búsqueda y salvamento (convenio SAR).

Al respecto, según Cruz (2017):

Parece que no hay dudas de que debe ser la OMI el organismo encargado de regular este tema en el ámbito internacional, como lo viene haciendo con éxito razonable en los buques tradicionales. Indica que hay que tener en cuenta que la OMI no es un edificio y un número de personas en Londres, eso es la Secretaría de la OMI. La OMI es el conjunto de los países miembros que son los que adoptan convenios, protocolos, enmiendas, dan orientaciones, establecen prioridades, eligen al Secretario General y cubren el presupuesto completo. (p 9)

Además, se debe aprovechar todo el trabajo que se está llevando a cabo en otros grupos relacionados con los MASS, como por ejemplo el creado por la norma *ISO/TC 8 (Ships and Marine Technology)*, o por grupos de trabajo de otras instituciones como la *OIT (Organización Internacional del Trabajo)*, o la *OHI (International Hydrographic Organization)*.

Según expone Corte (2017):

Parece que puede concluirse que la tecnología para que los MASS comiencen a operar ya existe, aunque de momento de forma limitada. Es decir, parece que está cerca la entrada en funcionamiento de buques operados en remoto, con una tripulación muy reducida a bordo, que pueda solventar los contratiempos que puedan producirse. Por el contrario, el escenario de buques completamente autónomos que operen por sí mismos a través de algoritmos de inteligencia artificial parece poco cercano, si bien, es obvio que cualquier modificación del marco legal deberá abarcar todas las posibilidades, siendo necesario distinguir los buques en función del grado de automatización y, por tanto, del grado de intervención humana en la operación del buque. (p 24)

Finalmente, habrá que tener también en cuenta el punto de vista de las SSCC (sociedades de clasificación) de buques. Lloyd's ha sido la primera en crear un código al respecto en 2017, y detrás lo hicieron Bureau Veritas, y DNV GL, en 2018. Según indica Cordero (2017): "Los buques autónomos están siendo desarrollados muy rápidamente y están utilizando nueva tecnología para el mundo marítimo. Lloyd's Register puede guiar específicamente en buques autónomos con los niveles marcados en su procedimiento para que los buques del futuro sean seguros" (p 19).

### **Desarrollos actuales sobre buques autónomos**

A pesar de que queda tiempo hasta la llegada de los primeros buques comerciales autónomos, los últimos desarrollos tecnológicos están creando la base necesaria para que su aterrizaje este marcado por el éxito. La compañía Rolls-Royce y el operador finlandés Finferries han diseñado y construido el primer ferry completamente autónomo del mundo, en la ciudad de Turku, Finlandia. El buque ro-ro utilizó una combinación de tecnología punta para navegar con éxito, y de manera autónoma, entre los puertos de Parainen y Nauvo. El viaje de regreso lo realizó bajo control remoto, sin disponer de ninguna intervención humana a bordo (incluyendo el sistema de atraque automático).

Además, Rolls-Royce en 2018 abrió un centro de investigación tecnológico en Turku, para desarrollar las tecnologías que se requieren para dar forma a los buques autónomos del futuro. El nuevo centro de investigación para barcos autónomos incluye una zona para pruebas reales de navegaciones, tanto en remoto como de forma autónoma.

### **Conclusiones**

Hoy en día más de 65.000 buques mercantes navegan por el mundo, cifra a la que habría que sumar un número superior de pesqueros, y otro mucho mayor de embarcaciones de recreo. Y es de suponer que la mayor parte de esos buques nunca se convertirán en buques sostenibles autónomos, por lo que parece claro que el futuro nos depara un escenario en el que poco a poco se irán transfiriendo funciones de manejo de los buques desde los buques a las estaciones de control y seguimiento en tierra. Y esto indica que durante un periodo incierto de años los buques tradicionales deberían navegar por los mares junto a los nuevos MASS sostenibles. Y hablo de un periodo

incierto porque cuesta creer que cierto tipo de buques, como por ejemplo los cruceros de pasaje, puedan quedar algún día sin tripulación.

Por lo tanto, con sus ventajas e inconvenientes, y aunque sea un proceso lento, hemos llegado a un punto de no retorno que nos empuja a pensar en un cambio en la forma de entender la marina mercante y sus buques, en busca de barcos sostenibles.

Otro de los grandes retos a los que se enfrentan los MASS es al de superar todas las dudas que se crean en torno a la fiabilidad de sus sistemas. A pesar de que ciertos estudios ya realizados prometen una fiabilidad y eficiencia asombrosa, nadie es ajeno a las dificultades y desventajas que pueden nacer con la nueva tecnología.

Se podría casi finalizar indicando que, a día de hoy, la tecnología necesaria para que los MASS autónomos comiencen a navegar, ya existe; pero hay que enfrentarse al problema de las modificaciones reglamentarias necesarias para que este sueño se pueda llevar a cabo. Por ello, el escenario de buques completamente autónomos y sostenibles, operando mediante algoritmos de inteligencia artificial, parece estar todavía lejano, más allá de ciertas pruebas que se puedan llevar a cabo en aguas confinadas de algún estado. Lo que sí parece más realista es creer en un buque autónomo que pueda navegar en mar abierto con el grado de autonomía máximo, para dejar paso a grados de autonomía más restrictivos según se vaya acercando a puerto, y a sus operaciones de carga y descarga, o a las maniobras de atraque y desatraque. Pero de cualquier forma, aún hay mucho que navegar para que se puedan alcanzar esos grados de autonomía, ya que la normativa OMI actual prohíbe los buques sin tripulación en navegación.

También se debe destacar que el error humano está detrás de muchos de los accidentes que ocurren en la mar, por lo que parece lógico el pensar que si se consigue eliminar el factor humano, debería disminuir el número de accidentes en la mar. Por ello se debe tratar de diseñar equipos y sistemas que auxilien al tripulante, e incluso lo sustituyan, pero siempre sin olvidar que la meta de los MASS es el poseer buques tan seguros, al menos, como los actuales; y mucho más sostenibles.

Desde el punto de vista de las responsabilidades, habrá que ver cómo se modifica la legislación para adaptar las responsabilidades de Capitán, Armador y Naviero al nuevo escenario de los MASS. No se debe olvidar que, aunque los MASS llegaran a ser “no tripulados”, se les exigirá el cumplimiento de las mismas obligaciones que a los barcos actuales, lo que implica que deberá seguir existiendo la figura del armador que responda por el cumplimiento de la misión encomendada. Y todas estas modificaciones deberán



venir acompañadas de cambios de planes de estudios en materia de educación, que conviertan a los buques autónomos futuros, probablemente eléctricos, en barcos más sostenibles que los actuales.

## Referencias bibliográficas

- BARREIRO FILGUEIRA, J. (2017). “La tecnología que viene ¿acabará con el empleo en la mar?” (pp. 6-8). Recalada. Vol. Nº 164 – Diciembre 2017. Bilbao
- CORDERO, M. (2017). “Autonomía marítima: objetivo de las regulaciones” (pp. 18-19). Recalada. Vol. Nº 164 – Diciembre 2017. Bilbao
- CORTE, J. (2017). “Retos legales de la operativa de los buques autónomos” (pp. 20-24). Recalada. Vol. Nº 164 – Diciembre 2017. Bilbao
- CRUZ, E. (2017). “Buques autónomos: ha comenzado su regulación” (pp. 9-11). Recalada. Vol. Nº 164 – Diciembre 2017. Bilbao
- M. N. Network, (s.f.). “Rolls-Royce opens autonomous ship R&D centre in Finland”. Marine Insight. Recuperado de: <https://www.marineinsight.com/shipping-news/rolls-royce-opens-autonomous-ship-rd-centre-finland/>
- NORDENSTAHL, G. (2017). “Buques sin tripulación: el futuro está aquí, ya ha llegado” (pp. 1- 69). Trabajo de investigación. Argentina
- VILLA-CARO, R. (2018a). “Los MASS: los buques inteligentes y autónomos del futuro” (pp. 395-407). Revista General de Marina. Vol. Nº 275 – Agosto/Septiembre 2018. Madrid
- VILLA-CARO, R. (2018b). “Buques autónomos: ¿desaparecerán los tripulantes de los barcos?” (pp. 34-38). Boletín Técnico de Ingeniería. Vol. Nº 15 – Diciembre 2018. Madrid