



# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Buques de acción marítima (BAM): análisis de mejoras contra amenazas asimétricas, en operaciones SAR de grupo naval de flota.*

## Grado en Ingeniería Mecánica

**ALUMNO:** Diego Del Hierro López

**DIRECTORES:** Pedro Carrasco Pena

Gerardo González-Cela Echevarría

**CURSO ACADÉMICO:** 2021-2022

Universida<sub>de</sub>Vigo





# Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

## TRABAJO FIN DE GRADO

*Buque de acción marítima (BAM): análisis de mejoras contra amenazas asimétricas, en operaciones SAR de grupo naval de flota.*

### Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General

Universidad de Vigo



## **RESUMEN**

Las unidades navales militares y el tráfico de buques mercantes se hallan expuestos a numerosas amenazas como ataques con embarcaciones teledirigidas o suicidas cargadas de explosivos, o por la acción de la piratería, además de otro tipo de amenazas asimétricas.

Por otro lado, las unidades navales están expuestas a sufrir otro tipo de incidentes en alta mar, como incendios, explosiones, u operaciones SAR.

La evolución tecnológica constante y la complejidad de riesgos en el medio marítimo, obliga a un análisis permanente de las amenazas, y consecuentemente a las respuestas que han de darse a las mismas.

Ser eficientes en el desarrollo e investigación de nuevas capacidades de actuación, o, en su defecto mejorar las actuales, puede suponer la diferencia entre ser una marina a la vanguardia, o quedarse atrás con medios que no hagan frente a los riesgos del actual y el futuro panorama mundial.

Este TFG se presenta un análisis de mejoras contra amenazas asimétricas y operaciones SAR de grupo naval de flota, para proponer posible solución a los problemas planteados en la adaptación de los buques de acción marítima o BAM.

### **PALABRAS CLAVE**

Buques de guerra, amenazas, análisis de mejoras, nuevas tecnologías.

# AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mis tutores, al CF Gerardo González-Cela Echevarría y especialmente al TN Pedro Carrasco Pena, por su constante ayuda y consejo a lo largo de la realización de este TFG.

Agradecer a las empresas e instituciones que han brindado valiosa información para elaborar este TFG, Seadrone, UTEK, la Flotilla de Aeronaves y la Jefatura de Apoyo Logístico. También a los AN de promociones superiores embarcados en las unidades, a los que he solicitado información sobre los sistemas a bordo de los buques de la Armada, en concreto de los BAM.

Quiero agradecer a mis compañeros que me han acompañado en estos 5 años de mi vida gracias a los cuales mi estancia en la Escuela Naval ha sido inolvidable. Quiero destacar a tres, el AF Hernández Ruíz, compañero de Fifa en innumerables noches, al AF Liarte Cabrera fuente de sabiduría y ejemplo y al AF García-Puente Navarro que me acompaña desde el primer momento hasta el último.

Por último, agradecer a mi familia, mi hermana Mireia, mi madre Ana, y especialmente a mi padre, el AF Del Hierro Suanzes, el cual, con su ejemplo y tesón inigualable e incomparable, ha conseguido que me encuentre en la recta final de esta carrera.

# CONTENIDO

Contenido .....	1
Índice de Figuras .....	3
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción.....	8
1.1 Motivación del Trabajo .....	8
1.2 Objetivos .....	8
1.3 Metodología .....	8
2 estado del arte .....	10
2.1 Los buques objeto de estudio .....	10
2.1.1 Descripción de los buques de acción marítima.....	10
2.1.2 Definición del entorno marítimo. ....	11
2.1.3 Misiones y despliegues. ....	11
2.1.4 Descripción de la plataforma .....	12
2.1.5 Vulnerabilidades .....	18
3 Desarrollo del TFG.....	22
3.1 Mejoras.....	22
3.1.1 RHIB´s USV .....	22
3.1.2 Sistemas de armas contra amenazas asimétricas .....	29
3.1.3 Sistemas de contraincendios para auxilio exterior.....	32
3.1.4 Sistema de lanzamiento y recogida fijo del Scan Eagle .....	35
3.2 Matriz de decisión y evaluación económica .....	38
3.2.1 Matriz de decisión.....	38
3.2.2 Evaluación económica .....	39
4 ANÁLISIS DE LAS OPCIONES .....	42
4.1 Implantación mejoras .....	42
4.1.1 RHIB´s USV .....	42
4.1.2 Sentinel 12,7 mm .....	44
4.1.3 Monitores FiFi .....	46
4.1.4 Sistema fijo de lanzamiento y recogida del Scan Eagle .....	50
5 Conclusiones y líneas futuras .....	54
5.1 Conclusiones .....	54
5.2 Líneas futuras .....	55
6 Bibliografía.....	56





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Tipos de BAM[1].....	10
Figura 2-2 BAM Meteoro en navegación[14] .....	12
Figura 2-3 Propulsión CODOE[16] .....	12
Figura 2-4 Cañón Oto Melara 76mm a bordo de un BAM .....	13
Figura 2-5 Dirección de Tiro DORNA[19] .....	13
Figura 2-6 Cañón MK-38 en la cubierta del BAM “Meteoro” .....	14
Figura 2-7 Personal de Infantería de Marina en el BAM Meteoro[22] .....	14
Figura 2-8 Browning M-2HB en su montaje. [21] .....	14
Figura 2-9 Ametralladora FN MINIMI 7,62 mm[25] .....	15
Figura 2-10 Augusta Bell AB-212 [34].....	16
Figura 2-11 Helicóptero SH-3D [35] .....	16
Figura 2-12 Catapulta del Scan Eagle. [36].....	17
Figura 2-13 Estación de recogida del Scan Eagle [37].....	18
Figura 2-14 atentado contra el USS Cole [40] .....	18
Figura 2-15 Incendio en la cubierta de vuelo del USS Forrestal [45] .....	19
Figura 2-16 Buque Salvamento Marítimo haciendo uso de sus sistemas de contraincendios. [46].	20
Figura 2-17 Impacto de un misil Exocet en el HMS Sheffield en la Guerra de las Malvinas [50]..	20
Figura 3-1 Ubicación RHIB´s en nichos laterales .....	23
Figura 3-2 Espacio toldilla para USV .....	24
Figura 3-3 USV Vendaval en navegación [58] .....	25
Figura 3-4 USV SEAD-23 en navegación [59].....	25
Figura 3-5 USV KALUGA [62].....	27
Figura 3-6 Sistemas de anclaje USV KALUGA (fotos cortesía de NARWHAL).....	28
Figura 3-7 LIONFISH 12,7 mm ULTRALIGHT[63] .....	29
Figura 3-8 Sistema vigilancia MLT-SUR-RTM[64].....	29
Figura 3-9 Disposición sistemas de armas .....	29
Figura 3-10 Estación de Armas Remota Extra ligera Aspis [66] .....	30
Figura 3-11 Sentinel 12,7 mm [67] .....	30
Figura 3-12 Sentinel 20 [68].....	31
Figura 3-13 RWS Hitrole N 12,7 mm [69].....	31
Figura 3-14 RWS Narwhal 20B 20 mm [70] .....	32
Figura 3-15 Buque SSMM Don Inda usando cañones FiFi .....	33
Figura 3-16 Buque "María Pita" utilizando sus medios FiFi .....	34
Figura 3-17 Buque bombero con cañones CI en toldilla y castillo.[72].....	34

Figura 3-18 Disposición monitor FiFi en castillo .....	34
Figura 3-19 Buque de Salvamento Marítimo María Pita .....	34
Figura 3-20 Disposición monitor FiFi en superestructura.....	35
Figura 3-21 Sistema Lanzamiento Scan Eagle [73] .....	36
Figura 3-22 Disposición lanzador Scan Eagle.....	36
Figura 3-23 Senda de planeo para control de aeronaves .....	36
Figura 3-24 Skyhook desplegado [74] .....	37
Figura 3-25 Sistema recogida Scan Eagle [75] .....	37
Figura 3-26 Disposición estación recogida Scan Eagle .....	38
Figura 4-1 Espacio y ubicación Sead 23 .....	42
Figura 4-2 Espacio RHIB USV en toldilla .....	43
Figura 4-3 Ubicación de RHIB´s USV en toldilla .....	43
Figura 4-4 Altura candelero toldilla y castillo.....	44
Figura 4-5 Espacio y ubicación RWS toldilla .....	45
Figura 4-6 Espacio y ubicación RWS castillo .....	45
Figura 4-7 Ubicación RWS 12,7 mm en cubierta .....	46
Figura 4-8 Bomba C.I [76] .....	47
Figura 4-9 Monitor FiFi .....	47
Figura 4-10 Cámara de máquinas de proa.....	48
Figura 4-11 Ubicación bombas C.I. y monitores FiFi.....	48
Figura 4-12 Conexión entre monitores FiFi y bombas C.I.....	48
Figura 4-13 Espacio cubierta 05 para monitores C.I. ....	49
Figura 4-14 Ubicación Monitores C.I. ....	49
Figura 4-15 Monitores FiFi en el María Pita.....	50
Figura 4-16 Ubicación Scan Eagle .....	50
Figura 4-17 Disposición Scan Eagle .....	51
Figura 4-18 Espacio disponible Skyhook.....	51
Figura 4-19 Estación recogida Skyhook .....	52



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones lanzador Scan Eagle .....	35
Tabla 2 Dimensiones Skyhook.....	37
Tabla 3 Matriz de decisión .....	39
Tabla 4 Evaluación económica.....	40
Tabla 5 Matriz de decisión y evaluación económica.....	40



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Motivación del Trabajo

Los buques de guerra, durante su ciclo de vida, sufren pérdida o merma en sus capacidades. Esta pérdida puede ser debida tanto al propio envejecimiento, como a las variaciones en los objetivos tácticos de la unidad, o a las obsolescencias de sus sistemas o equipos.

Los buques de la Armada y las misiones que desempeñan están por lo tanto sujetos ante este tipo de desfases. Ante esta premisa es necesario mantener un análisis constante, tanto de los aspectos tecnológicos como tácticos de los buques de guerra. De esta forma el análisis de vulnerabilidad de unidades navales y mercantes frente a ataques terroristas suicidas o teledirigidos, en puerto o navegando y, el estudio de medios específicos propios para salvamento y rescate es un aspecto interesante a la hora de mejorar las capacidades de las unidades que tienen asignadas estas misiones.

## 1.2 Objetivos

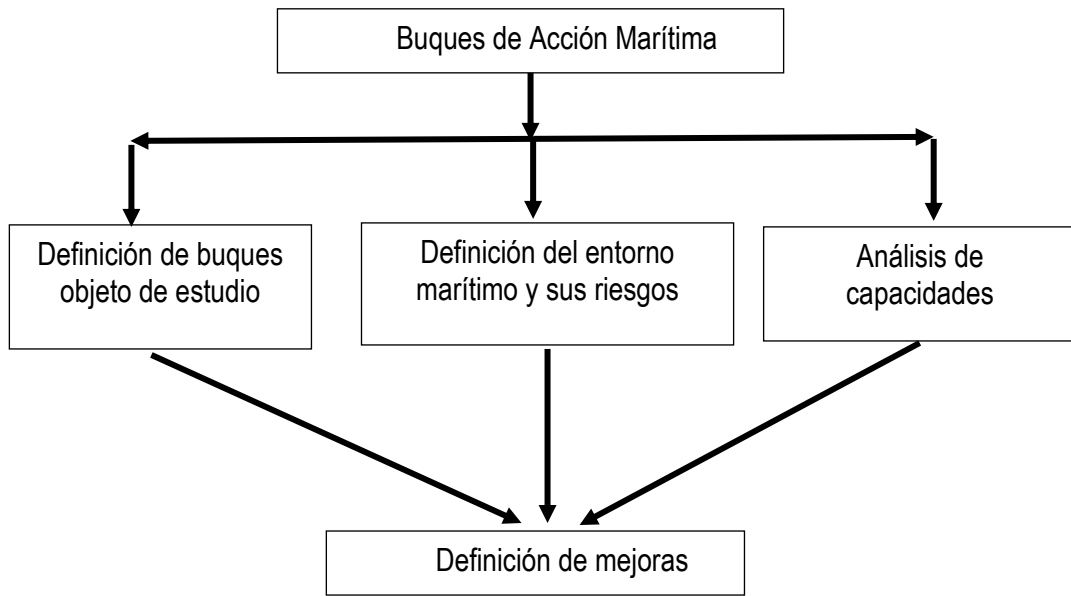
El objetivo principal de este trabajo es analizar y estudiar un conjunto de mejoras para aplicarlas a los buques tipo BAM cuya misión fundamental es la vigilancia marítima, que a su vez engloba las acciones de lucha contra el narcotráfico, control de la inmigración y apoyo medioambiental. Para alcanzar este objetivo principal, buscaremos alcanzar estos objetivos parciales:

1. Revisión bibliográfica.
2. Análisis de las misiones y sistemas empleados.
3. Obtención de propuestas de mejora.
4. Elaboración de las conclusiones y líneas futuras.

## 1.3 Metodología

En este apartado se define la metodología empleada para elaborar este TFG.

Se llevará a cabo la definición de los buques de acción marítima y sus características principales. A su vez, se analizará el entorno marítimo español y los riesgos a los que puedan tener que hacer frente los buques de la Armada en el desempeño de sus funciones. Se analizarán cuáles son sus capacidades actuales y por último se desarrollarán un conjunto de mejoras para aumentar las capacidades de los BAM, sin menoscabo de sus competencias actuales.



**Ilustración 1 Diagrama de flujo esquema de trabajo**

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Los buques objeto de estudio

Este apartado concentra una descripción general de los BAM, el medio en el que actúan y cuáles son sus misiones, en función del entorno marítimo, las capacidades y las vulnerabilidades a las que puede tener que hacer frente en el desarrollo de sus funciones.

#### 2.1.1 Descripción de los buques de acción marítima.

Los buques de acción marítima por sus siglas BAM, son una serie de barcos cuyo programa de construcción comenzó a gestarse en el año 2002 de la mano de los Astilleros de Navantia y de la Armada Española. El proyecto se basó en una necesidad de dotar a la flota de un conjunto de barcos como los mostrados en la Figura 2-1 que estén preparados para realizar un amplio espectro de misiones. La homogeneidad en el desarrollo de sus funciones fue la premisa fundamental.

El programa constaba de los siguientes prototipos:



Figura 2-1 Tipos de BAM[1]

Todas las versiones buscaban la máxima similitud entre ellas.

Individualmente, cada versión desarrollaría un conjunto de misiones, por ejemplo; la versión oceanográfica destina un mayor espacio a laboratorios, zonas científicas y sistemas electrónicos para las investigaciones; la versión de apoyo a buceo incluye elementos comunes al buque “Neptuno” destinado para operaciones de salvamento y demás modificaciones destinadas al ámbito del buceo; la versión colector de inteligencia incorporará dos mástiles rígidos que modifica en mayor medida la estructura de los BAM, dedicados a radares y antenas más otro mástil que se ubica en proa destinado a telefonía móvil. [2]



Los 6 buques de acción marítima de tipo patrullero oceánico al servicio de la Armada Española tienen como función principal el control de la Zona Económica Exclusiva (ZEE), la defensa contra amenazas asimétricas y convencionales de pequeña entidad principalmente en escenarios de baja intensidad.

Además, sus cometidos permanentes son: presencia naval, control medioambiental y control de pesca, control del tráfico marítimo, protección del tráfico mercante, operaciones contra el tráfico de personas, contra el terrorismo, operaciones de ayuda humanitaria y rescate y operaciones de inteligencia. [3]

### *2.1.2 Definición del entorno marítimo.*

Al igual que el mundo y la sociedad evoluciona, también lo hace, como no puede ser de otra manera, el medio en el cual desempeñan su actividad las plataformas navales, esto es lo que denominamos entorno marítimo.

El transporte marítimo es el más internacional de todos los grandes sectores comerciales del mundo, y uno de los más peligrosos. Por sus vías transita anualmente el 90 por 100 del comercial mundial y más de dos tercios del petróleo producido en el mundo. Esta explotación del medio marítimo ha permitido la evolución y globalización de la sociedad. Las rutas marítimas son las arterias de la economía mundial y la base del mundo actual tal y como lo conocemos. [4]

Debido al crecimiento de las actividades ilícitas, el transporte marítimo es el medio ideal para el desarrollo de actividades terroristas, piratería, tráfico ilegal de personas, de drogas y armas. Todo este tipo de actividades amenazan y ponen en riesgo la estabilidad y seguridad de los mares, el comercio marítimo y por la tanto la estabilidad de la economía mundial. [5]

España tiene una situación geográfica muy importante en el ámbito marítimo mundial, con alrededor de 8 mil kilómetros de costa, ubicada al suroeste de Europa, limitada al norte con el mar Cantábrico, Francia y Andorra, al este con el Mar Mediterráneo, al oeste con el Océano Atlántico y Portugal y al sur con el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico. Los puertos españoles de Las Palmas, Bilbao, Bahía de Algeciras Barcelona y Valencia son 5 de los 125 puertos más importantes a nivel mundial. [6]

Somos ribereños del estrecho de Gibraltar, el cual se configura como una de las zonas geográficas que soportan mayor densidad de tráfico del mundo, en concreto alrededor del 10% del tráfico mundial. En la actualidad el Estrecho se ha convertido uno de los puntos más calientes del planeta, tanto por su intenso tráfico como por la proliferación de actividades ilícitas que por el transitan. La separación entre España y Marruecos es el claro ejemplo de la dicotomía económica entre Europa y África, aspecto que provoca que muchas de las mafias del mundo, que trafican con personas y con drogas operen en estas aguas. [7]

### *2.1.3 Misiones y despliegues.*

Los BAM son polivalentes en el desarrollo de sus funciones, están encomendados a realizar todo tipo de misiones prestando su servicio y colaborando con otras instituciones como las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado. [8] Las misiones fundamentales de este tipo de buques son:

1. **Misiones de carácter permanente:** relativas al control del entorno marítimo para luchar contra amenazas asimétricas, o convencionales de pequeña entidad, especialmente en escenarios de baja intensidad. Desarrollan cometidos de presencia naval y vigilancia marítima como elemento de disuasión en zonas cercanas al territorio español, interdicción marítima, control de actividades y tráfico marítimo, protección del tráfico mercante, apoyo a otras unidades, operaciones contra el tráfico de personas, operaciones de respuesta de crisis humanitaria y rescate e inteligencia.
2. **Cometidos complementarios** al desarrollo principal de lo mencionado anteriormente podemos encontrar las labores de interdicción marítima (no cooperativo o con oposición), inserción/extracciones de unidades, control y neutralización de piratería marítima, operaciones

contra el narcotráfico, participación en operación de evacuación de no-combatientes, operaciones de vuelo sostenidas y control medioambiental. [9] [10] [11]

### 2.1.4 Descripción de la plataforma

Los BAM son unos patrulleros de Navantia tipo Avante 3000 Figura 2-2, pues su desplazamiento ronda las 3000 toneladas [12], aunque sus funciones sean similares a las que realiza un “Patrullero de Altura”, que generalmente desplaza un tonelaje menor, en concreto, el desplazamiento es de 2670 toneladas, para la primera serie y 2840 toneladas para la segunda. Tienen una eslora de 93.9 metros, y una manga de 14.2 metros. Esta relación eslora-manga es una de una de las características acerca de la gran estabilidad de estos buques[13]. El calado de los P-41 – P-44 es de 4.2 metros mientras que los de la segunda serie P-45 y P-46 es de 4.3 metros. Consta de una grúa de carga en la toldilla y 2 embarcaciones RHIB Zodiac Hurricane con motor volvo 260 CV.



Figura 2-2 BAM Meteoro en navegación[14]

#### 2.1.4.1 Sistemas de propulsión.

La propulsión de los buques de acción marítima es tipo CODOE (Combined Diesel or Electric), un sistema de propulsión naval que utiliza 2 motores diésel MTU16V 1163 de 4500 kW cada uno o 2 motores eléctricos Siemens de 750 kW para suministrar potencia a un único árbol de hélice, como podemos observar en la Figura 2-3. Mediante un sistema de transmisión y embragues se acoplan los motores indistintamente al árbol. La planta eléctrica de los BAM se compone por 4 diésel-generadores MTU 12V 2000 de 660 kW y 1 generador de emergencia MTU S60 de 260 kW. [15]

Este sistema de propulsión permite disponer de una sala de máquinas más simple, un menor consumo de combustible, menor peso del sistema de propulsión y simplificación de las reductoras. Actualmente los motores diésel poseen suficiente potencia para cubrir la mayor parte del rango de velocidades requeridas, de esta forma la velocidad máxima sostenida es de 19 nudos con los dos motores diésel. La velocidad de crucero corresponde a 10 nudos y se puede realizar tanto con motores diésel como con motores eléctricos. La baja velocidad en situaciones de patrulla se alcanza con los motores eléctricos acoplados al eje. [16]

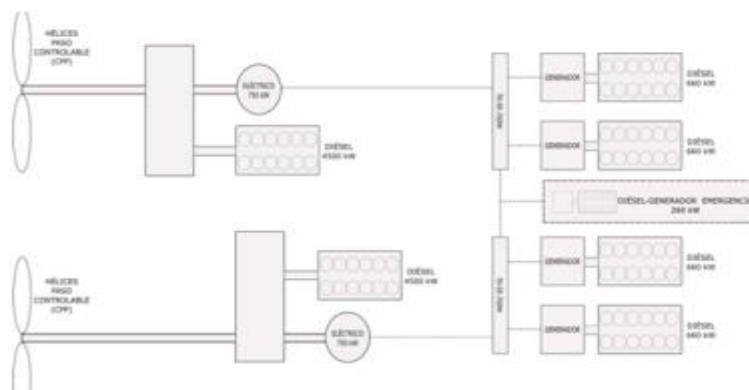


Figura 2-3 Propulsión CODOE[16]

#### 2.1.4.2 Sistemas de armas.

El armamento del que dispone esta plataforma permite la defensa frente a amenazas asimétricas y enemigos con poca capacidad ofensiva. El cañón principal está ubicado en el castillo del buque Figura 2-4, un cañón naval 76/62, desarrollado por la empresa Oto Melara S.p.A, el cual es utilizado por más de 50 marinas de todo el mundo. En la Armada Española también lo montan las F-80. El alcance efectivo es de menos de 20000 yardas para buques de gran tamaño. Permite un ritmo seleccionable de fuego y el número de disparos listos entre el tambor de municionamiento y el sistema de carga del propio cañón es de 80 proyectiles. [17]



**Figura 2-4 Cañón Oto Melara 76mm a bordo de un BAM**

El Oto Melara está controlado por la Dirección Optrónica Radárica Naval, la DT DORNA 2 Figura 2-5 al igual que en la F-105, desarrollado por la Fábrica de Artillería (FABA) de Navantia. Su cometido principal es el enfrentamiento al cañón contra amenazas Aéreas de Superficie y Bombardeo de Costa mediante el cañón. Además, cumple funciones secundarias de vigilancia, mantenimiento y adiestramiento. La Dirección de Tiro DORNA está compuesta por un telémetro laser, una antena radar, una cámara IR y una cámara TV como observamos en la Figura 2-5 permitiendo así una serie de combinaciones de seguimiento según se use indistintamente un sensor u otro. [18]



**Figura 2-5 Dirección de Tiro DORNA[19]**

Incorpora 2 cañones BAE-System Mk-38 Typhoon de 25mm de la Figura 2-6 en sus montajes en ambas bandas, están especialmente diseñados para la defensa contra múltiples amenazas de superficie, pequeñas rápidas y ágiles. Tiene un sistema estabilizado tipo cardán, para operar en cualquier condición meteorológica. Mediante un radar infrarrojo de visión frontal con tres campos de visión y un sistema de control de tiro bajo, el cañón puede disparar a blancos que se encuentren a más de 2,5 kilómetros de la propia unidad, garantizando a su vez las condiciones de seguridad para la dotación debido a que es controlado remotamente desde una consola en el CIC del buque.[20]



**Figura 2-6 Cañón MK-38 en la cubierta del BAM “Meteoro”**

Cuenta con dos afustes para la ametralladora pesada Browning M-2HB de 12,7 mm ubicados en las proximidades del puente de gobierno, como podemos observar en la Figura 2-7, el montaje de la Browning se encuentra a popa del puente de gobierno. Es un elemento fundamental para la defensa contra blancos asimétricos de superficie o aéreos que se encuentren cercanos a la unidad. Tiene un alcance eficaz de 2000 metros y una cadencia de disparo de 930 m/s que unido a una alta probabilidad de acierto y un cambio de cañón rápido lo convierten en un arma muy efectiva. Funciona mediante un sistema totalmente mecánico sin necesidad de elementos eléctricos y se controla manualmente mediante 2 especialistas, un tirador y un auxiliar. [21]



**Figura 2-7 Personal de Infantería de Marina en el BAM Meteoro[22]**

El arma tiene una longitud total de 1,654 metros y su cañón mide 1,143 metros e incorpora una corredera graduable de 0 a 2,366 metros. Utiliza una munición de 12,7 x 99 mm y la caja de munición se dispone a la izquierda del cañón como podemos observar en la Figura 2-8. Tiene la capacidad para montar un visor de visión nocturna AN/TVS-5 el cual es un instrumento electroóptico portátil que funciona con baterías para la observación y el disparo dirigido de armas por la noche.



**Figura 2-8 Browning M-2HB en su montaje. [21]**

Los BAM tienen las ametralladoras ligeras FN MINIMI de 7,62 mm dispuestas para la defensa del buque en dos emplazamientos ubicados en la toldilla del buque, siendo el elemento fundamental para contactos de superficie que se dirijan por la popa del buque. Esta ametralladora tiene una longitud del cañón de 502 milímetros y una longitud total de 1 metro con la culata extendida. Tiene una cadencia de disparo de entre 680-800 disparos por minuto y su cinta de alimentación es de 100 disparos. Es una ametralladora que cumple perfectamente la función de ser disparada desde un montaje, aportando mayor estabilidad y precisión o desde la cadera y el hombro, debido a su peso de 8,6 kg adaptado para estas situaciones. [23]

Tiene un alcance efectivo de aproximadamente 1000 metros, por lo cual en un enfrentamiento donde la precisión es un imperativo, contra blancos rápidos y embarcaciones pequeñas las miras que puede utilizar el arma son importantes. Tiene una mira metálica ajustable en rangos de 100 metros, puede montar miras ópticas de día como la Wildcat, permitiendo ver mejor el blanco y observar la traza o caída de tiro y puede incorporar miras de visión nocturna o térmicas para discernir mejor el blanco cuando las condiciones meteorológicas sean desfavorables.[24]



**Figura 2-9 Ametralladora FN MINIMI 7,62 mm[25]**

El armamento portátil del que disponen en el buque se compone de los fusiles HK-G36 de 5,56 mm de calibre y con capacidad de 750 disparos por minuto. Su cargador tiene capacidad para 30 cartuchos y con un peso de 3,3 kg y un alcance efectivo de 600 metros lo convierten en un fusil idóneo para la corta distancia o enfrentamiento contra enemigos que estén muy próximos al buque. [26] También disponen de pistolas Star y escopetas de postas.

Como contramedidas dispone del Lanzachaff SRBOC MK36, un sistema lanzador de señuelos, cuyo funcionamiento se basa en crear blancos falsos, para desviar un misil hostil que se dirija hacia el buque, es decir la defensa soft-kill de la plataforma.[27]

#### 2.1.4.3 Sensores y sistema electrónicos.

Utiliza un Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) que permite la automatización, el control y la supervisión de todos los equipos que se ubican en el buque a excepción del sistema de combate desde un conjunto de consolas ubicadas en la central de la cámara de máquinas y en el puente de gobierno, permitiendo que el desarrollo de ciertas funciones, tanto de seguridad interior, como de control de plataforma se realicen sin mayor esfuerzo que el del operador de una consola. [28]

El sistema de combate de los patrulleros oceánicos desarrollado por Navantia, SCOMBA (Sistema de Combate de los Buques de la Armada), es un sistema que se está implementando en la mayoría de los buques de la Armada para mayor eficiencia en el mantenimiento y mayor interoperabilidad entre equipos. Las funciones principales que desempeña el SCOMBA son gestión y presentación de la información táctica, identificación, evaluación y gestión de armas y enlace de datos tácticos. [29]

SCOMBA funciona de forma integrada junto al SICP, el puente integrado, sistemas de comunicaciones y sistemas de mensajería, permitiendo a su vez la integración con otros sistemas de mando y control nacionales o de coalición.

Radar de navegación y control HC ARIES 2, de baja probabilidad de interceptación (LPI), con prestaciones elevadas en detección, seguimiento e identificación de contactos de distintos tamaños y a velocidades muy dispares. [30]

Radar de navegación SPERRY VISION MASTER FT muy preciso, con procesamiento automático de datos, óptimo reconocimiento de la situación en cualquier condición de meteorológica, interceptación de embarcaciones y amenazas en movimiento rápido. [31]

Sistema ESM de guerra electrónica RIGEL, que efectúa la exploración, detección, goniometría y análisis de emisiones electromagnéticas. [32]

IFF CIT-25D, es el sistema de identificación amigo o enemigo, que utiliza una antena combinada interrogador/transpondedor desarrollado por la empresa Indra. [33]

TACAN NAVIGATIONAL SET MM-6800 es un sistema de navegación utilizado por aeronaves militares, para poder dirigirse a bordo de un barco o a una estación en tierra, proporcionando rumbo y distancia a ello.

#### 2.1.4.4 Capacidad aérea.

La cubierta de vuelo de los BAM tiene unas dimensiones de 24,7 x 13,5 m, y permite operar con los helicópteros Augusta Bell AB-212 de la tercera escuadrilla de la Figura 2-10, los SH-3D de la quinta escuadrilla Figura 2-11 y con los futuros NH-90 que serán incorporados a lo largo del año 2022.



**Figura 2-10 Augusta Bell AB-212 [34]**



**Figura 2-11 Helicóptero SH-3D [35]**

El sistema RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) Scan Eagle es el primero de su tipo en la Armada y operativo desde 2015 en la Undécima Escuadrilla de la Flotilla de Aeronaves (FLOAN).



Sus cometidos están relacionados con la identificación, vigilancia y reconocimiento de objetivos de interés, apoyo a las unidades de Operaciones Especiales, búsqueda y rescate, apoyo a entidades civiles, control de fronteras, detección de incendios vigilancia de ferrocarriles, etc.

El sistema del Scan Eagle embarcado está formado por los siguientes elementos:

1. La estación de control (GCS-Ground Control Station) que alberga en su interior los equipos informáticos y las pantallas de presentación
2. Un equipo de explotación y tratamiento de imágenes (IVES).
3. Dos antenas direccionales de UHF.
4. Una antena omnidireccional de UHF.
5. Una antena GPS.
6. Un lanzador de tipo neumático, Mark 3.
7. Un sistema extensible de recuperación Skyhook.
8. El avión X-200 equipado con sus correspondientes sensores.

Los componentes del sistema citados en el punto anterior tienen cada uno sus características propias y necesidades operativas y han de ser tenidas en cuenta para su integración en las unidades navales en las que vayan a ser embarcadas, ya que de ello depende su posible operatividad y como pueden afectar al resto de equipos y sistemas que opera la plataforma naval.

A tal efecto y de acuerdo con el objetivo del presente estudio se tendrán en cuenta entre otras fundamentalmente las características de peso y dimensiones y necesidades de instalación y operación.

#### AVION X-200

Envergadura: 3,1 m

Longitud: 1,7 m

Peso: 16 kg

Carga de 3,4 kg (sensores de imagen diurna y nocturna)

Peso máximo al despegue 22 kg

El miniavión se transporta y recoge y estiba en unos contenedores especialmente diseñados para su rápido y cómodo montaje y desmontaje, donde se separan las alas del fuselaje, aunque estas permanecen conectadas mediante conexiones flexibles, y que además protegen al avión de golpes o de los elementos.

El sistema de lanzamiento del Scan Eagle es una catapulta que se posiciona en cubierta de vuelo para su despegue como podemos observar en la Figura 2-12.



**Figura 2-12 Catapulta del Scan Eagle. [36]**

El sistema de recogida del Scan Eagle se compone de una superestructura desplegada en cubierta de vuelo, Figura 2-13, que consta de un cable dispuesto en posición vertical, con el cual choca el ala del dron terminando estibado mediante un sistema de recogida.



**Figura 2-13 Estación de recogida del Scan Eagle [37]**

#### 2.1.4.5 Capacidad naval desplegable.

Los BAM tienen la capacidad para albergar dos RHIB´s inflables tipo Hurricane 733 o 630 diseñadas como embarcaciones rápidas de rescate o embarcaciones de vigilancia, siendo un elemento imprescindible en el caso de que se produjese un hombre al agua, aportando mayor maniobrabilidad y por ello mayor precisión en el acercamiento y recogida del náufrago.

Son botadas mediante un pescante desde el nivel 01 y están ubicadas tanto en la banda de estribor como de babor. Las RHIB´s tipo 733 tienen una dotación de 18 personas frente a las 15 que puede transportar las RHIB´s tipo 630, debido a que son de menor tamaño. [38]

### 2.1.5 Vulnerabilidades

#### 2.1.5.1 Frente a amenazas asimétricas.

Vulnerabilidad de unidades navales y mercantes frente a ataques terroristas suicidas o teledirigidos, en puerto o navegación.

De todas las amenazas globales actuales es el terrorismo yihadista, ha demostrado mayor capacidad para golpear en cualquier parte del mundo. Ciudades todo el mundo han sufrido y padecen en su población civil el zarpazo indiscriminado del terrorismo. Madrid, Nueva York, Londres, Estocolmo, Bruselas, Niza o Berlín son solo alguno de los ejemplos recientes de ciudades de países de la OTAN en los que estos medios terroristas brutales han sido empleados. [39]

Entre estos atentados cabe destacar el ataque al destructor norteamericano USS Cole en Yemen en el año 2000, cuando unos terroristas suicidas hicieron impactar y explotar una pequeña embarcación con explosivos mientras el barco repostaba combustible en el Golfo de Adén, provocando graves daños al buque (Figura 2-14) y la muerte de 17 marineros y 39 heridos [40]



**Figura 2-14 Atentado contra el USS Cole [40]**



Son numerosos los ejemplos en los que distintos buques de diferentes marinas se han visto expuestos a este tipo de amenazas con distinto resultado y este riesgo se incrementa con los desprotegidos buques mercantes, especialmente al navegar por estrechos o junto a costas de zonas en conflicto. [41] [42]

La posibilidad de ataques terroristas sobre buques de guerra o mercantes en navegación y o durante el despliegue en zonas de misión es una amenaza real, ya sea como ejemplo en las peligrosas aguas del mar Rojo o el Golfo de Adén o en el Mediterráneo en las proximidades del canal de Suez, por donde transita gran parte del comercio marítimo con destino u origen en Europa. [43]

En el caso español ese riesgo potencial lo representa también el ser parte del Estrecho de Gibraltar, como mencionamos anteriormente, desde el que operan a diario desde ambas orillas, la africana y la europea, mafias de narcotraficantes que de forma continua intentan alcanzar las costas españolas en embarcaciones semirrígidas de alta velocidad transportando a 40 nudos hasta 2000 kg de droga. [44]

La proximidad al Estrecho de la Base Naval de Rota desde la que operan los destructores de la US Navy, aumenta exponencialmente el riesgo de que grupos terroristas tengan la tentación de alcanzar la costa española para atentar contra dichos buques de la Navy antes o durante la entrada o salida a la Base Naval de utilización conjunta. No se puede ignorar que los grupos terroristas de inspiración islamista utilizan también el narcotráfico como fuente de recursos económicos, es el narcoterrorismo.

El que terroristas accedan a las neumáticas de los narcotraficantes y en vez de hachís las carguen de explosivos y las dirijan contra buques de guerra nacionales o extranjeros en la zona del Estrecho de Gibraltar, el Golfo de Cádiz o Mar de Alborán u otras aéreas del litoral Mediterráneo no solo es una amenaza creíble sino quizás, si no se toman medidas, inevitable.

Por tanto, es necesario que para proteger a las unidades navales las Armadas Occidentales dispongan de capacidad para disuadir, detectar, perseguir, interceptar, inspeccionar y llegado el caso repeler o neutralizar el ataque de posibles embarcaciones hostiles. Ya sea desde la propia unidad o mediante vectores de apoyo como medios aéreos o embarcaciones rápidas, RHIB, desplegadas desde ellas mismas, o con patrulleras marítimas de intervención inmediata de escolta, inspección y vigilancia.

#### 2.1.5.2 Salvamento y Rescate (SAR)

Además de disponer de los medios para evitar que un ataque pueda ocurrir, es necesario estar preparado para reaccionar ante las posibles consecuencias que pudieren suponer del impacto de un proyectil o de la aparición de un incendio tanto en un buque como en plataformas marítimas.

En 1967, se produjo un incidente en la cubierta de vuelo del USS Forrestal, cuando se activó un misil de un avión debido a un fallo electrónico, y acabó impactando en un depósito de combustible, dando lugar a un incendio de grandes proporciones, Figura 2-15. A consecuencia del accidente, fallecieron 134 marineros y 64 resultaron heridos. [45]



Figura 2-15 Incendio en la cubierta de vuelo del USS Forrestal [45]

Todos los buques militares cuentan con el personal y los medios para llevar a cabo las acciones de contra incendios necesarias para sofocar incidencias en la misma unidad. No obstante, hay que tener en cuenta que los medios propios pueden no ser suficientes si por las proporciones del fuego o sus características, como la acaecida en el USS Forrestal, la ayuda externa puede ser vital para conseguir salvar la plataforma

Son pocos los barcos que tienen la capacidad contra incendios para auxilio exterior, generalmente buques especializados, como en el caso de España los de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), Figura 2-16. El objetivo de la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima tiene como misiones, el salvamento de la vida en el mar lucha contra la contaminación, remolque y asistencia de buques. El área de responsabilidad es de 227 millones de kilómetros cuadrados. Una característica que tienen los buques de Salvamento Marítimo es su capacidad de prestar ayuda en la sofocación de incendios gracias a sus múltiples monitores ubicados generalmente sobre el puente de gobierno. [46]



**Figura 2-16 Buque Salvamento Marítimo haciendo uso de sus sistemas de contra incendios. [46]**

Salvamento Marítimo se encarga de auxiliar a buques que se encuentren en las proximidades del territorio o del litoral español. Sin embargo, cuando este tipo de incidencias ocurren a cientos de millas de costa, el número de buques con capacidad para apoyar se reduce. Por ello las armadas y servicios de guardacostas de los países deben estar capacitados también, para intervenir en tareas de salvamento y rescate, en escenarios alejados del territorio, el incendio producido a bordo de un barco mercante en 2019, el Cosco Pacific [47] o cuando explotaron los tanques de combustible de un petrolero en la costa asiática [48] o el incendio producido en la plataforma petrolífera en la costa del golfo de México que acabó hundiéndose. [49]

Los buques de la Armada, que estén integrados en una agrupación o fuerza naval, formada por unidades valiosas y escoltas de dichas unidades, y que puede que se encuentren en un escenario de conflicto o de alta intensidad, han de estar preparadas para prestar apoyo a otro buque que haya podido ser alcanzado por fuego enemigo, situaciones de combate en las cuales la ayuda externa es crucial. Atendiendo a la historia más reciente, en la guerra de las Malvinas el HMS Sheffield sufrió un impacto con un misil Exocet, que provocó un incendio de grandes proporciones (Figura 2-17), derivando en que el propio buque no pudiera hacerle frente con sus medios de CI y finalmente causando el hundimiento de este. [50]



**Figura 2-17 Impacto de un misil Exocet en el HMS Sheffield en la Guerra de las Malvinas [50]**



## 3 DESARROLLO DEL TFG

### 3.1 Mejoras

Es necesario analizar y entender como las nuevas tecnologías pueden ampliar o mejorar las capacidades actuales de una unidad naval, y especialmente aquellas con las que no se contaba hace años, pero que en la actualidad han sido desarrolladas y son viables. Posteriormente a la definición de las posibles mejoras, se procede a analizar cuáles de estas son prioritarias y ofrecen mayores prestaciones.

#### 3.1.1 RHIB´s USV

En los últimos años los vehículos terrestres y las aeronaves aéreas no tripuladas han experimentado un gran crecimiento, desarrollo y utilización en diversas misiones. Actualmente los vehículos navales de superficie están siendo desarrollados y con el paso de los años se prevé que tengan mayor protagonismo especialmente en el ámbito de la Armada y en las operaciones navales pues ya se trabaja en incorporar esta tecnología. [51]

Este tipo de embarcaciones están adquiriendo importancia debido a su capacidad para la realización de misiones sin poner en peligro la vida humana y ofreciendo una capacidad de persistencia en la mar derivada de una autonomía cada vez mayor en cuanto al número de días, así como a la automatización de la misión. [52]

En el año 2021, del 13 al 24 de septiembre, una delegación de la Armada, liderada por la División de Planes del Estado Mayor, participó en el ejercicio de Prototipos de Experimentación Robótica aumentados por Sistemas Marítimos no Tripulados por sus siglas en inglés REP MUS (Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime Unmanned Systems) en la costa suroeste portuguesa cerca de la península de Setúbal. Este ejercicio fue organizado por la OTAN y la Marina portuguesa y participaron 17 Armadas, 15 empresas de Investigación y Desarrollo, Cuarteles Generales, Universidades, Centros de Excelencia, etc. Este ejercicio está diseñado para permitir la experimentación a gran escala, entre las Unidades Operativas, las Academias y la Industria. Con ello se pretende desarrollar y probar los conceptos y requisitos operativos, los avances tecnológicos y las mejores en los sensores, C3 (Mando, Control y Comunicaciones), tácticas y procedimientos sobre el empleo de Sistemas Marítimos No Tripulados en las operaciones marítimas. [53]

En este ejercicio la Armada apoya la participación de 4 empresas nacionales: Navantia con el USV Vendaval; Seadrone con el USV Sead 23; UTEK con el USV Kaluga y Marine Instruments con el UAV Airfox.

El 15 de septiembre la Armada española coordinó un ejercicio en el que se defendió las proximidades de la base de los Fuzileiros de la Marinha portuguesa en la península de Troia de una incursión con lanchas rápidas. El objetivo de estos ejercicios son adquirir experiencia y potenciar el desarrollo de

vehículos autónomos no tripulados en operaciones navales, enlazar con expertos en el ámbito internacional en el desarrollo y empleo operativo de esos sistemas, orientar a la industria nacional en el diseño de los sistemas acorde a las necesidades de la Armada.[54]

El capitán de corbeta Jaime Rodríguez Tortosa de la División de Planes del Estado Mayor de la Armada afirma que “estamos intentando subirnos al carro de los sistemas no tripulados lo más rápido posible”. [54]

El director de la célula de innovación y coordinación de sistemas marítimos no tripulados de la OTAN, Sean Trevethan habló en la Conferencia Internacional de Desarrollo de Conceptos y Experimentación de la OTAN 2020 destacando que el futuro requerirá una combinación de fuerzas integradas, con sistemas no tripulados que puedan trabajar y complementar las plataformas tripuladas existentes. El potencial de los sistemas no tripulados es enorme y ofrece grandes oportunidades en apoyo.

De cara al próximo año, la Armada participará en la siguiente edición del REP MUS y en un ejercicio posterior el Dynamic Menssenger, liderado por la OTAN en Portugal en el cual se experimentará en 5 áreas: C2 en tierra, despliegue avanzado de MCM/ASW, integración de sistemas UxV, integración de unidades convencionales e Interoperabilidad. El objetivo de la Armada es enviar un barco con el sistema de combate nacional (SCOMBA), previsiblemente un BAM en el cual integrar 3 o 4 vehículos autónomos que cumplan con los requisitos de la Armada. El objetivo final es integrar diferentes sistemas USV-UUV-UAV para llevar a cabo operaciones navales de forma autónoma. [55]

El estudio de diversos prototipos USV a continuación tiene por objetivo evaluar las características que tienen, las misiones que pueden realizar y la viabilidad para ejecutar una integración en los BAM, atendiendo a su tamaño y dimensiones principalmente.

En función del carácter de la misión a realizar y de cuales sean las capacidades del buque que se quieran explotar en mayor medida, estudiamos dos posibles ubicaciones.

### 1. Ubicación de las RHIB´s en los nichos laterales.

En esta ubicación, Figura 3-1, los BAM disponen de las RHIB´s tipo Hurricane 733 y 633, mencionadas en el punto 2.1.4. Estas RHIB´s tienen un tamaño de 6,3 y de 7,3 metros.

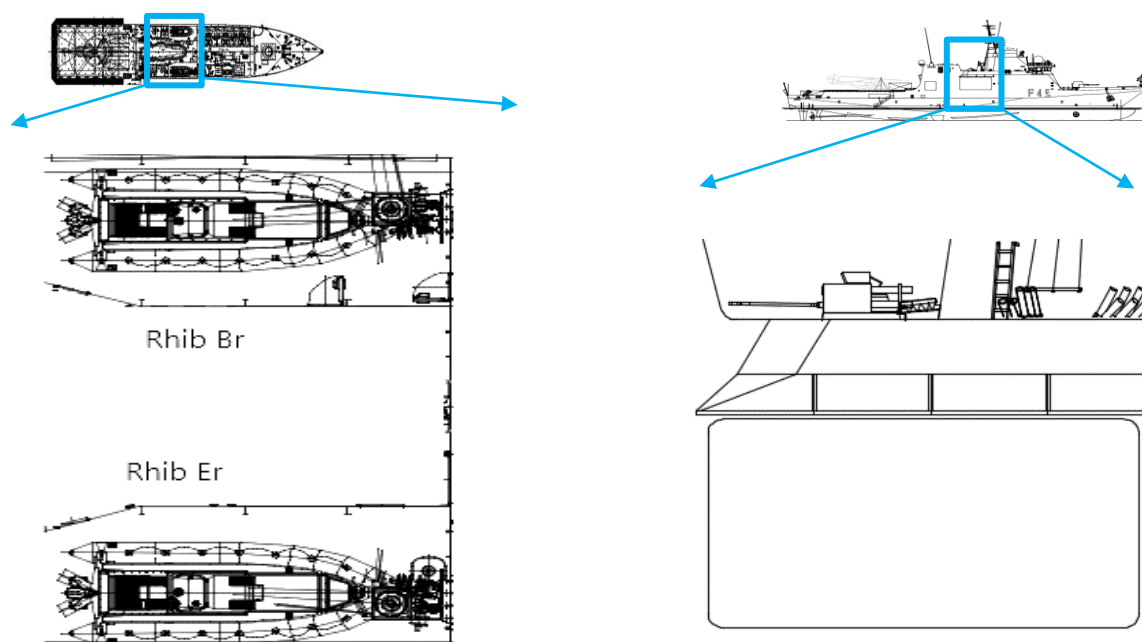
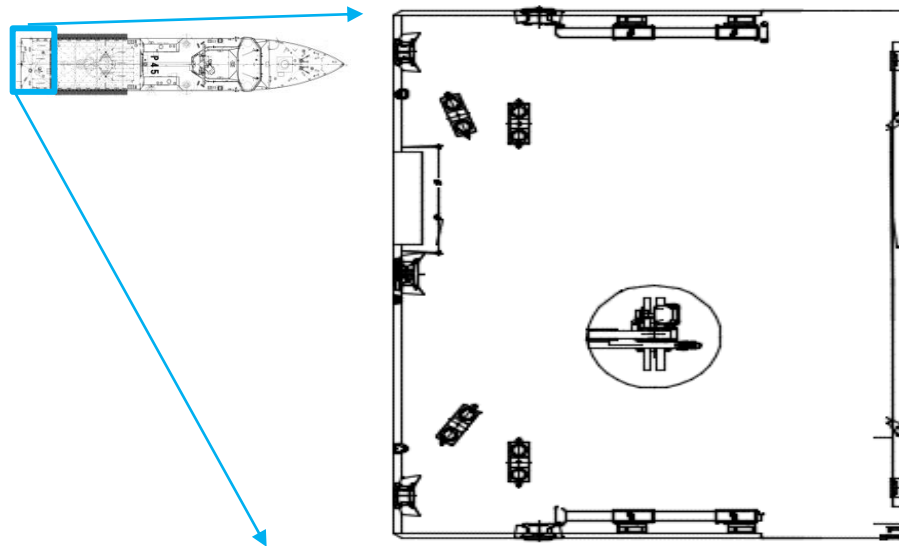


Figura 3-1 Ubicación RHIB´s en nichos laterales

## 2. Ubicación en la toldilla del buque

El motivo de esta ubicación radica principalmente en aumentar la capacidad de desplegar RHIB's en una unidad a la vez que se mantiene intacta la capacitación aeronaval de la cubierta de vuelo.

El espacio en la toldilla tiene una reserva de pesos que inicialmente estaba pensada para portar contenedores. Además, la grúa en toldilla se utilizará para llevar y arriar la embarcación sin tener que instalar un nuevo pescante (Figura 3-2).



**Figura 3-2 Espacio toldilla para USV**

En cuanto a los prototipos que podrán ubicarse en los emplazamientos comentados anteriormente podemos atender a tres modelos principales.

1. En primer lugar, analizaremos el **USV Vendaval** desarrollado por Navantia, como podemos observar en la Figura 3-3, el primer vehículo de superficie no tripulado comercializado y operativo en misiones reales en España, operando desde 2019 en el puerto de Ceuta en labores de vigilancia, y control medioambiental.

Este buque integra distintas tecnologías como el mando y control, comunicaciones, navegación, posicionamiento y control de maniobra, detección de obstáculos y anticolidión, etc. En la web de Navantia podemos leer el siguiente texto que transcribimos y, resume las tecnologías que integra en el prototipo.

*Mando y control (C2): herramientas hardware y software que le permiten planificar, ejecutar, evaluar y continuar con la misión mediante la integración y monitorización de sensores a bordo. Además, se permite la integración con el Sistema de Mando y Control en tierra o en la nave nodriza.*

*Sistema de Control de Posicionamiento y Maniobra: el hardware y el software de este sistema gestiona y controla los modos de operación de USV e implementa los algoritmos necesarios para controlar la velocidad y el rumbo, guiado hacia los Way-Points, función de regreso a casa, atraque y desatraque, etc.*

*Sistema de Navegación: proporciona integración y gestión de los sensores de navegación a bordo.*

*Sistema de Comunicaciones: posibilita la integración y gestión de los equipos de comunicaciones a bordo y también con la estación de control remoto.*



*Sistema de Prevención de Colisiones y Detección de Obstáculos (COAS): en modo de funcionamiento autónomo, este sistema proporciona capacidades necesarias para detección de obstáculos y prevención de colisiones.*

*Sistema de Guiado: cuando el USV, funciona de forma autónoma, este sistema proporciona las capacidades necesarias para la planificación y seguimiento de rutas mediante algoritmos.*

*El sistema de control de la embarcación puede ser de 3 tipos: tripulado remoto, semiautónomo y autónomo.*

*Tripulado remoto: el operador controla el USV mediante un joystick desde la propia embarcación o un centro de control remoto.*

*Semiautónomo: el control del USV se realiza mediante el envío de órdenes de velocidad y rumbo desde la propia unidad o remotamente desde el centro de control.*

*Autónomo: desde el centro de control remoto se define la misión y un conjunto de way-points a los que se dirigirá la embarcación siguiendo así una ruta preestablecida. La vuelta a casa, el atraque y desatraque también serían automáticos. [56]*

El Vendaval de la Figura 3-3 tiene 10,23 metros de eslora, 3,25 metros de manga y un calado de 0,65 metros, estando equipado con un motor principal fueraborda de 350 HP y un motor auxiliar eléctrico para funciones de emergencia que le permite alcanzar 25 nudos. [57]



**Figura 3-3 USV Vendaval en navegación [58]**

2. La empresa SEADRONE desarrolla otra embarcación no tripulada el **Sead 23** de la Figura 3-4 tipo semirrígida de alta velocidad con cubierta cerrada, propulsada por un motor diésel y wáter jet. [59]



**Figura 3-4 USV SEAD-23 en navegación [59]**

La empresa fabricante de dicha embarcación proporciona información relevante sobre el prototipo.

Es una embarcación construida en fibra de vidrio con resina y tiene una eslora de 6,95 metros, una manga reducida de 2,32 metros y un calado de 1,3 metros. Para la protección del casco, posee unas

defensas rígidas fabricadas mediante espuma de poliurea consiguiendo un casco muy resistente el cual es capaz de soportar condiciones adversas y golpes sin deterioro. Esta embarcación perfectamente rugerizada ha sido probada en mares de fuerza 7, con elevadas prestaciones. Está dividida en 4 zonas completamente estancas.

La propulsión mediante wáter-jet permite alcanzar unas extraordinarias prestaciones, en lo que respecta al gobierno de la plataforma, su maniobrabilidad, su capacidad de aceleración y frenada en seco.

Es un barco con una Radar-Cross-Section (RCS) muy reducida, gracias al diseño de sus líneas y el material con el que está construido. En definitiva, es un barco difícilmente detectable y por lo tanto idóneo para situaciones en las cuales el factor sorpresa sea relevante

En cuanto a los sistemas de los que dispone el Sead 23 podemos encontrar un conjunto de sensores multiparamétricos como el GPS, acelerómetros, sensor ultrasónico. Consta de un radar con transmisores de estado sólido con capacidad de tracking de 70 trazas simultáneas. Dispone de 5 cámaras de pilotaje, tanto diurnas como nocturnas con las que cubre todos los sectores de visión posibles. En la parte superior de la superestructura está la Flir, una cámara optrónica con giro estabilización y cámara térmica, pudiendo ampliar el zoom hasta 36 veces, con lo que obtener una imagen detallada de objetos o elementos lejanos.

La plataforma permite conexión por WiFi de 2,4 GHz, aunque una de las características más diferenciadoras es su sistema de comunicaciones mediante 4G. Tiene una cobertura muy amplia en distancia pudiendo establecer enlace a más de 12 millas náuticas de la estación de control. Es notorio como en la operación REPMUS 2019 mencionada anteriormente, fueron la única embarcación capaz de operar fuera de la línea de vista a más de 9 millas náuticas de distancia. Actualmente el mástil es abatible de forma manual, para la estiba de la embarcación, aunque en prototipos futuros se prevé que sea aún más ligero y abatido mediante un sistema hidráulico.

El buque cuenta con la posibilidad de instalar diversos sistemas en su interior en función del perfil de misión que vaya a desarrollar el USV.

Tiene espacio para albergar una estación de armas RWS giro estabilizada, cargas y equipos electrónicos para interceptación y decepción en las comunicaciones. En el casco posee una sonda o profundímetro y un sonar multihaz con el que es posible realizar una batimetría del fondo marino. En la popa del buque está dispuesta una plataforma en la cual es posible instalar un sonar remolcado, o instalar chigres para el control de un vehículo remolcado operado remotamente (ROV).

Para el izado o arriado, la cubierta está preparada con diferentes eslabones para mediante eslingas utilizar un único punto de anclaje, reduciendo la complejidad del sistema, para su instalación y para el control por los operarios.

Tiene un motor de 240 CV, alimentado por diésel y encargado de alimentar baterías de 24 V. Tiene una autonomía de 250 millas náuticas a 20 nudos, aunque puede alcanzar una velocidad punta de 34 nudos.

El gobierno de la embarcación tiene diferentes modos. En primer lugar, puede ser controlada manualmente desde la consola de mando por personal embarcado. El prototipo puede ser maniobrado desde la estación de control de forma totalmente remota. A su vez incorpora el modo de piloto automático para navegaciones entre way-points siguiendo una ruta establecida, usado generalmente para realizar batimetrías.

La navegación de forma remota es posible y cumple con los requisitos de seguridad gracias a las numerosas cámaras de vigilancia que incorpora, el radar para alertar de contactos siempre que no sean visibles en AIS, etc. No incorpora sistema de prevención de colisiones por lo que no puede navegar de forma autónoma. [60]



3. La empresa tecnológica madrileña Unmanned Teknologies Applications (UTEK) especialista en el desarrollo de embarcaciones no tripuladas de alta fiabilidad y elevadas prestaciones, el fabricante gallego de embarcaciones semirrígidas Narwhal Boats y la distribuidora de motores Touron Náutica. han desarrollado un prototipo de vehículo de superficie no tripulado 100% español, el **USV KALUGA** de la Figura 3-5. Es una embarcación neumática semirrígida Narwhal 670, de 6,7 metros de eslora, propulsada por un motor fueraborda Mercury Verado de 175 CV que puede alcanzar una velocidad máxima superior a 40 nudos. Estos cascos son inyectados interiormente con poliuretano expandido y tienen un certificado que certifica sus propiedades insubmersibles. [61]



**Figura 3-5 USV KALUGA [62]**

Después de haber contactado con la empresa fabricante, podemos descubrir que el sistema del buque esta dividido en 3 bloques.

1. El primero integra el software y el hardware para controlar la embarcación proporcionando las capacidades no tripuladas de gobierno. A su vez integra la estación de control desde la cual se procesa la información obteniendo y recabando aquello que los sensores y sistemas de la embarcación transmitan durante el desarrollo de su misión.
2. El segundo se compone de los elementos necesarios para la planificación de la misión mediante el desarrollo de un sistema de guiado con el cual la embarcación es capaz de seguir una derrota preestablecida. Esta ruta autónoma está marcada mediante way-points que el buque seguirá según se ordena desde el centro de control. Los tramos delimitados por way-points pueden configurarse de tal forma que cada uno de ellos tenga un determinado rumbo y velocidad, consiguiendo que se cumplan los tiempos de navegación deseados. En definitiva, cada tramo puede configurar independientemente del resto.

Estos dos bloques han sido desarrollados, instalados y validados de forma satisfactoria. La validación de los mismo se llevó a cabo en las maniobras organizadas por la OTAN y la Marina Portuguesa, la REPMUS (Robotic Experimentation and Prototyping Augmented by Maritime Unmanned Systems) mencionada anteriormente.

3. El último subsistema es el encargado de evitar incidentes en la mar, es el más complejo y se encuentra todavía en vías de desarrollo. Es el sistema de evitación de obstáculos y colisiones. La dificultad de este apartado reside en el desarrollo de un algoritmo que de manera inteligente interprete las situaciones en las que puede encontrarse la embarcación y que de acuerdo con la normativa vigente marítima (RIPAM) actúe de manera apropiada, tanto desde el punto de vista de la navegación, como del de la legalidad. El cómputo global de esta tecnología es la

denominada inteligencia artificial combinada con un sistema de procesamiento de imágenes que sea capaz de alertar al operador y tomar decisiones críticas.

En cuanto a los modos de operación del USV KALUGA, podemos encontrar 4 tipos.

El primero es el Optical Pilot Vehicle consistente en el gobierno desde la propia embarcación mediante un pulsador que se ubica en la consola del barco.

La segunda forma de controlar la embarcación consiste en el denominado Manual Remoto, actuando desde la estación de control con 2 mandos que de forma totalmente remota dirigen y controlan el desempeño en navegación.

El modo semiautomático consiste en introducir el rumbo y velocidad que se desee mediante la configuración de la navegación previa y el barco mantendrá dicha configuración hasta que se le ordene lo contrario.

El último modo es el automático en el cual se establece una ruta mediante way-points, pudiendo programar para cada tramo, la velocidad y el rumbo que se decida desde el centro de control en función de las necesidades de la misión.

Estos cascos son inyectados interiormente con poliuretano expandido y constan de la acreditación que certifica sus propiedades insumergibles.

La estiba de estas embarcaciones, al igual que en todas las de este tipo, semirrígidas, rescue boats, fast rescue boats, etc, se diseñan específicamente para cada tipo de barco, en el proceso construcción del barco nodriza de estas. Las embarcaciones disponen de los anclajes necesarios para el izado/arriado desde el barco nodriza. Existen diferentes modelos y tipos, de varios puntos, de un solo punto como el de la Figura 3-6. La cuna donde se asienta el USV es diseñada a medida en función del USV en cuestión dependiendo de la forma del casco.



**Figura 3-6 Sistemas de anclaje USV KALUGA (fotos cortesía de NARWHAL)**

Está dotada con un sistema de armas producido en España por la empresa LEONARDO, el LIONFISH ULTRA LIGHT 12,7 mm de la capaz de detectar objetos a más de 7 kilómetros gracias a un sistema optrónico y con capacidad de hasta 250 proyectiles. Es un cañón naval que destaca por su ligero peso, la interfaz de cubierta más pequeña y su gran relación entre prestaciones ofrecidas e inversión. El sistema de puntería está totalmente estabilizado en elevación y acimut por medio de potentes servosistemas y giroscópicas independientes además de calcular las coordenadas de disparo mediante cálculos de trayectoria balística de manera automática. Consta de una dirección electroóptica constituido por medio de sensores como una cámara diurna, una cámara IR y un telémetro láser. Tiene una consola de control local, y controles manuales de emergencia. [63]



Figura 3-7 LIONFISH 12,7 mm ULTRALIGHT[63]

Incorpora a su vez el MLT-SUR-RTM, Figura 3-8, un sistema de vigilancia térmica móvil de alta definición para una observación óptima y una detección eficaz. Tiene un telémetro láser de hasta 30 kilómetros. Es idóneo para tareas de seguridad de las fronteras y vigilancia marítima.[64]



Figura 3-8 Sistema vigilancia MLT-SUR-RTM[64]

### 3.1.2 Sistemas de armas contra amenazas asimétricas

Los sistemas de armas automáticos o controlados remotamente están siendo implementados en los buques de diversos buques de todas las Armadas del mundo, gracias a las avanzadas funciones que incluyen la detección de blancos y aplicación de la fuerza sin la acción in-situ de un operador, el cual merma las capacidades de dichas armas tanto por el riesgo de causar baja en combate, como por la falta de efectividad en determinadas situaciones. Expertos militares sostienen que los sistemas de armas autónomos o controlados de forma remota confieren una estrategia significativa y ventajas tácticas en el campo de batalla siendo preferibles al uso de personal humano. [65]

. Para los BAM, la integración de sistemas de armas controlados remotamente en el emplazamiento de la Figura 3-9, a mayores de los que ya dispone, permitiría aumentar la capacidad de autodefensa especialmente en las zonas de toldilla y castillo, donde menos cobertura de este armamento posee.

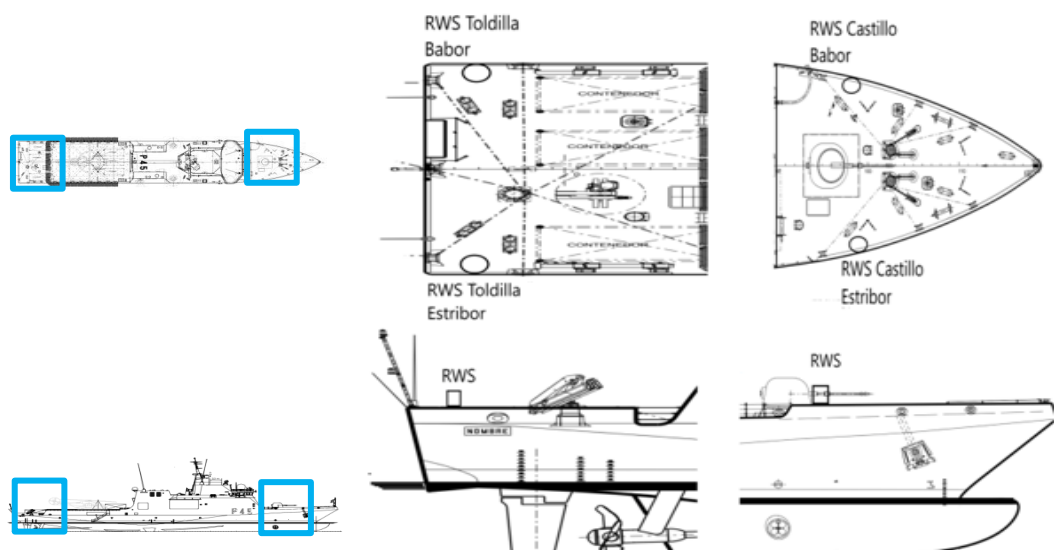


Figura 3-9 Disposición sistemas de armas

La empresa española Escribano desarrolla diferentes sistemas de armas controlados a distancia. En concreto los tipos Aspis, Sentinel 12,7, Sentinel 20 y Sentinel 30.

A continuación, detallaremos 3 de estas estaciones remotas que pueden ser implementadas en los BAM.

1. El Aspis es una Estación de Armas Remota Extra Ligera, Figura 3-10, adaptable a plataformas navales como buques y patrulleras, pudiendo soportar una ametralladora automática M240 de 7.62 milímetros.



**Figura 3-10 Estación de Armas Remota Extra ligera Aspis [66]**

Esta estación ofrece una gran versatilidad para operaciones todo diurnas como nocturnas e incluye un sistema de control de fuego avanzado que ofrece una gran precisión para distancias largas y cortas. El sistema permite mantener al operador siempre protegido en la propia plataforma del buque y se estabiliza mediante dos ejes mejorando su aplicación. Integra un sistema de inhibición de fuego, un modo entrenamiento en el propio sistema además de estar giro-estabilizado para aumentar la precisión de disparo. El mantenimiento es mínimo gracias a un sistema de detección de errores mediante pruebas internas.

Tiene un alcance ampliado, pudiendo identificar al objetivo a más de 2 kilómetros en operaciones tanto diurnas como nocturnas. La ligereza que presenta el conjunto permite ser colocada en cualquier tipo de plataforma.[66]

2. El Sentinel 12,7mm, como vemos en la Figura 3-11 es una estación de armas de Control Remoto, ligera y compacta, con capacidad para cañones de 12,7 mm pudiendo ser adaptada para cañones de 5,56 mm y de 7,62 mm.



**Figura 3-11 Sentinel 12,7 mm [67]**

Su estructura es un sistema giro-estabilizado en 2 ejes capaz de operar día y noche. Sus cometidos principales son las misiones de vigilancia, identificación, seguimiento de objetivos y enfrentamiento en combate. El sistema proporciona capacidad de defensa para distancias corta y medias con gran precisión de disparo, siendo una solución fiable y efectiva contra amenazas asimétricas. El alcance efectivo es de más de 3 km.

El sistema cuenta con un mecanismo de inhibición de fuego y la línea de demora entre el cañón y el blanco LOS (Line of sight) es diferente a la línea de fuego a LOF (Line of Fire), aportando mayor seguridad en su funcionamiento. La estación tiene una estructura modular y es capaz de llevar a cabo pruebas internas para comprobar su estado, reduciendo su mantenimiento.[67]

3. El Sentinel 20 de la Figura 3-12 es un sistema de armas giro-estabilizado controlado a distancia que soporta cañones de 20 y 25 mm para misiones diurnas y nocturnas en modo combate y vigilancia. Incorpora un sistema electroóptico independiente para operaciones de observación y rastreo. Constituye una gran solución contra amenazas asimétricas. La estación incorpora un sistema de simulación integrado para operaciones de entrenamiento controlado a distancia desde un panel de control, manteniendo al operador siempre protegido por la estructura del buque. Presenta una gran versatilidad y puede adaptarse en diferentes plataformas navales y vehículos. La interfaz de la consola-operador es tiene una iconografía intuitiva y el arma se controla desde un panel de joysticks de funcionalidad ampliada.

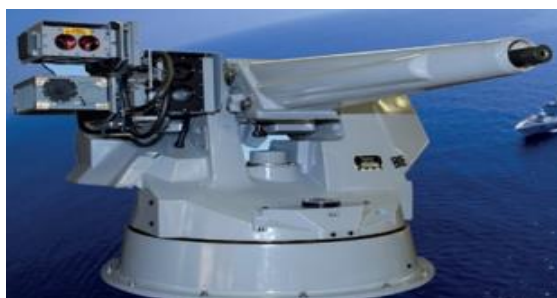


**Figura 3-12 Sentinel 20 [68]**

Posee diferentes modos operativos como son el modo combate, de vigilancia, simulación y de mantenimiento. Destaca por su funcionalidad, y dispone de diferentes modos de disparo, disparo a disparo, ráfaga y disparo continuo. Su sistema mejorado de control de disparo aumenta la efectividad de esta arma. Integra un calculador balístico automático y la detección y seguimiento automático de objetivos.

A la vez de ser un sistema complejo y eficaz, la seguridad se garantiza mediante un sistema de inhibición de disparo y movimiento de la torre, integrados en el Panel de Control del Operador. El modo de vigilancia se activa sin requerir apuntar el arma.[68]

La empresa italiana Leonardo fabrica un cañón naval controlado remotamente, el Hitrole N de la Figura 3-13, con capacidad para un cañón de 12,7 mm. Se trata de un moderno sistema totalmente controlado desde una estación remota por un solo operador, a través de una avanzada consola de control que permite al artillero operar desde una posición protegida dentro de la estructura del buque.



**Figura 3-13 RWS Hitrole N 12,7 mm [69]**



Las acciones de detección y seguimiento se realizan mediante una cámara de televisión diurna de alto rendimiento pudiendo incorporar una mira balística para atacar blancos en movimiento. Las operaciones nocturnas son controladas mediante un sensor IR y un telémetro láser. El conjunto de sensores está protegido dentro de un refugio hermético.

Está especialmente diseñado para operaciones de control de costas, interdicción del tráfico marítimo, defensa de amenazas asimétricas proporcionando autoprotección en misiones antiterroristas. [69]

La Armada Francesa instalará como principal sistema de armas RWS en los buques de su flota el Narwhal 20B de 20 mm fabricada por la empresa francesa Nexter Systems la cual tiene gran experiencia en los montajes navales ligeros. En la Figura 3-14 observamos el cañón de 20 mm.



**Figura 3-14 RWS Narwhal 20B 20 mm [70]**

Este cañón de 20 mm está giro-estabilizado y cuenta con avanzados sensores electroópticos diurnos/nocturnos y cámaras IR y de televisión, ideales para misiones de vigilancia marítima, interceptación de embarcaciones, contrarrestar y neutralizar amenazas asimétricas y defensa contra amenazas terroristas. Este conjunto de sensores otorga un gran rendimiento en la detección y seguimiento de objetivos en movimiento. Tiene una gran potencia de fuego y es utilizado por más de 25 países. [70]

### *3.1.3 Sistemas de contraincendios para auxilio exterior*

Los medios para el ataque de un incendio desde una plataforma naval se realizan mediante agua del mar aspirada por una bomba. El agua es útil para el enfriamiento de mamparos calientes en espacios adyacentes al incendio o para la sofocación de incendios. Estos sistemas podrán auxiliar a la unidad que sufra la incidencia siempre que se encuentre en el exterior de la plataforma.

Los sistemas de extinción de incendios externos, por sus siglas en inglés FiFi (Fire Fighting), se clasifican en los siguientes tipos, según unos requisitos establecidos internacionalmente para el sector naval.

- 1. Sistemas FiFi I:** deben de tener una capacidad de 2.400 m<sup>3</sup>/h dividida en dos monitores que deben de expulsar el agua de mar a una distancia mínima de 120 metros. La altura mínima debe ser de 45 metros desde el nivel del mar a una distancia de 70 metros del buque. El sistema se compone de 1 o 2 bombas instaladas en la sala de máquinas que no solo abastecen al sistema FiFi, sino que además suministran agua al sistema de autoprotección del buque.
- 2. Sistemas FiFi II:** tienen una capacidad mínima de 7200 m<sup>3</sup>/h dividida en tres monitores, que tienen que ser capaces de alcanzar 150 metros de longitud y 70 metros de altura sobre el nivel del mar. Utiliza 2 bombas de contraincendios impulsadas por los motores principales o mediante motores eléctricos.

3. **Sistemas FiFi III:** con una capacidad mínima de 9600 m<sup>3</sup>/h dividida en 4 monitores, la longitud debe de ser mínimo de 150 metros en alcance y de 80 metros de altura a 70 metros del buque. Debe tener además dos monitores de espuma con capacidad de 300 m<sup>3</sup>/h a una altura de 50 metros del nivel del mar.

Para los sistemas de FiFi II y FiFi III se puede considerar un menor número de monitores y longitudes de lanzamiento mayores, aumentando a 180 en alcance y 110 metros en altura. [71]

**Fire Fighting Systems (FFS)** es el principal diseñador fabricante y proveedor de sistemas completos de extinción de incendios externos en el mercado marítimo. Proporciona todos los servicios y equipos necesarios para la instalación de sus medios en cualquier tipo de plataforma. Su centro de producción se encuentra en Suecia.

Los monitores de los sistemas de contra incendios de la empresa FFS están fabricados con materiales de alta calidad, resistentes al agua de mar. Se dispone de una amplia gama de boquillas y el caudal de sus monitores oscila entre los 4000-80.000 litros por minuto o entre los 240-4800 metros cúbicos por hora. El cálculo del caudal y de las exigencias que se determinen está garantizado de acuerdo con los requisitos del cliente.

La empresa Noruega **Jason Engineering AS**, construye e instala sistemas FiFi I, II y III desde 1974, adaptándose a las necesidades del cliente, encargándose del proyecto, el desarrollo el envío y la puesta en marcha de sus servicios.

En el caso de los medios de extinción navales en España, atendemos a la Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima (SASEMAR), que cuenta con diversos buques y medios de este tipo.

Los 4 barcos de Salvamento Marítimo de mayor envergadura de la SASEMAR tienen entre 56 y los 80 metros de eslora. En Finisterre está uno de ellos, el “Don Inda”, un buque polivalente de lucha contra la contaminación, salvamento y rescate.

Entre sus múltiples sistemas de salvamento y rescate, se destaca el sistema contra incendios exterior, el “Fire-Fighting Ship Water Spray 2” para incendios en otros buques situados a una distancia de 160 m y 70 m de altura. La capacidad de cada una de monitores, ubicados sobre el puente de gobierno, como vemos en la Figura 3-15, es de 4170 metros cúbicos por hora.



**Figura 3-15 Buque SSMM Don Inda usando cañones FiFi**

El buque de SSMM “María Pita”, tiene menor eslora y tamaño y sus sistemas de contra incendios para auxilio exterior son de menor potencia. Este buque y los de su misma envergadura tienen ubicados 2 cañones capaces de girar 360° sobre su eje, con un caudal menor de 1500 metros cúbicos por hora cada uno.

En total el alcance en distancia es de 120 metros y en altura 50 metros. La potencia viene suministrada por el propio motor principal, al que se le acoplan las bombas de contra incendios.

La potencia de las bombas de contra incendios y el caudal que deben suministrar los monitores FiFi es un aspecto importante para determinar en función de las misiones y los buques a los que deba auxiliar.

En la Figura 3-16, observamos al “María Pita” utilizando sus sistemas FiFi para la sofocación de un fuego a bordo de un carguero.



Figura 3-16 Buque "María Pita" utilizando sus medios FiFi

En cuanto a la ubicación del cañón hidratante y atendiendo a los buques que se encargan para la sofocación de incendios encontramos dos emplazamientos.

**1. Monitores FiFi ubicados en el castillo o en la toldilla del buque, Figura 3-17.**



Figura 3-17 Buque bombero con cañones CI en toldilla y castillo.[72]

De tal forma que en nuestra plataforma se presentaría como en la Figura 3-18.

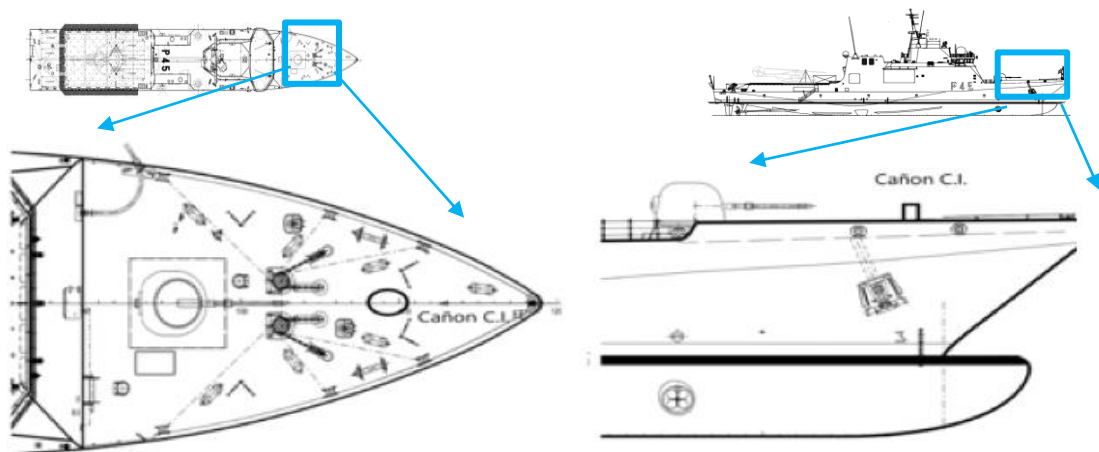


Figura 3-18 Disposición monitor FiFi en castillo

**2. Monitores FiFi ubicados sobre la superestructura, Figura 3-19.**



Figura 3-19 Buque de Salvamento Marítimo María Pita



El monitor se dispondría sobre el nivel 05 de la superestructura (Figura 3-20).

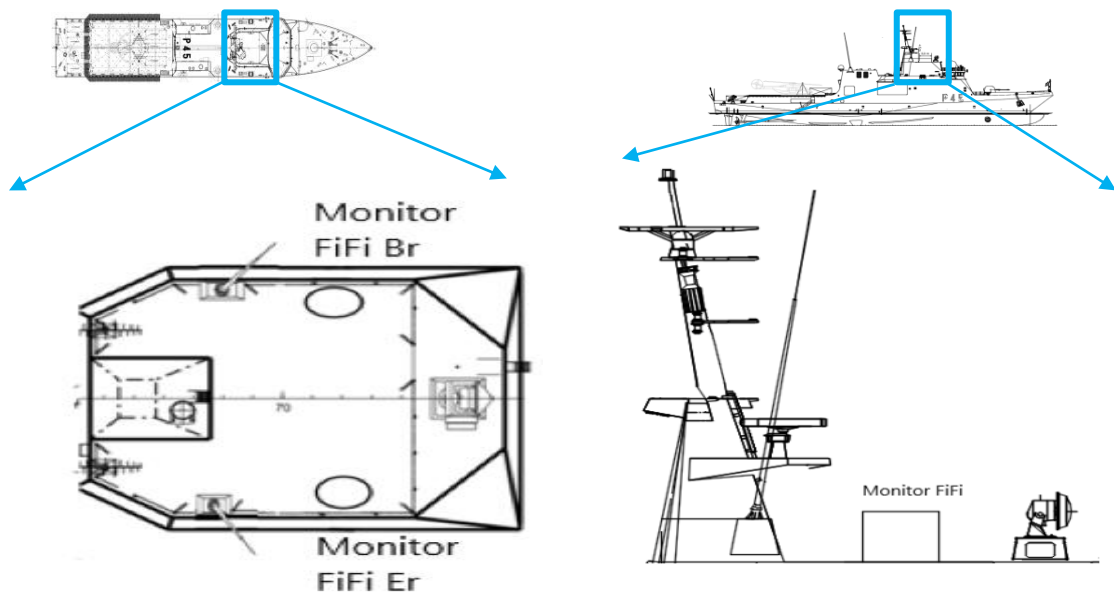


Figura 3-20 Disposición monitor FiFi en superestructura

### 3.1.4 Sistema de lanzamiento y recogida fijo del Scan Eagle

El dron Scan Eagle es un UAV cuya integración en los BAM en un emplazamiento fijo supondría liberar de cierto espacio en cubierta de vuelo, donde podrían seguir operando las aeronaves sin perder de esta forma la capacidad naval aerotransportada, fundamental en cualquier tipo de misión.

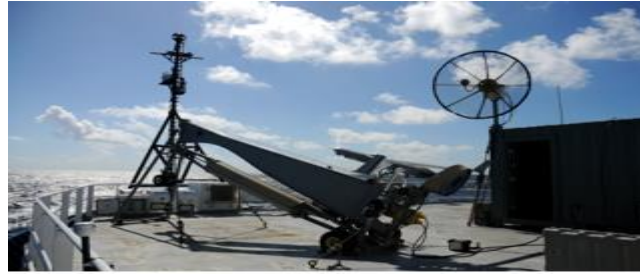
1. El lanzador neumático Mark es un elemento rodante adaptado para aguantar la posición de lanzamiento del RPAS en cualquier superficie. De esta forma deberá ser convenientemente asegurado mediante trincas o anclado a la cubierta, tanto en situación de lanzamiento como en su posición cuando este estibado a “son de mar” al no ser empleado. Dicho lanzador en su versión terrestre va sobre un remolque con su propio generador y compresor de aire comprimido que funciona con diésel o fuel JP-5 o JP-8. En su versión para embarcar, más ligera se prescinde del remolque y generador al tomar la corriente del propio buque.

Es un sistema versátil pudiendo trabajar con altas y bajas temperaturas ( $-17,8^{\circ}\text{C}$  a  $48,9^{\circ}\text{C}$ ) y con pocas necesidades de mantenimiento.

El sistema de la Figura 3-21, tiene las siguientes dimensiones:

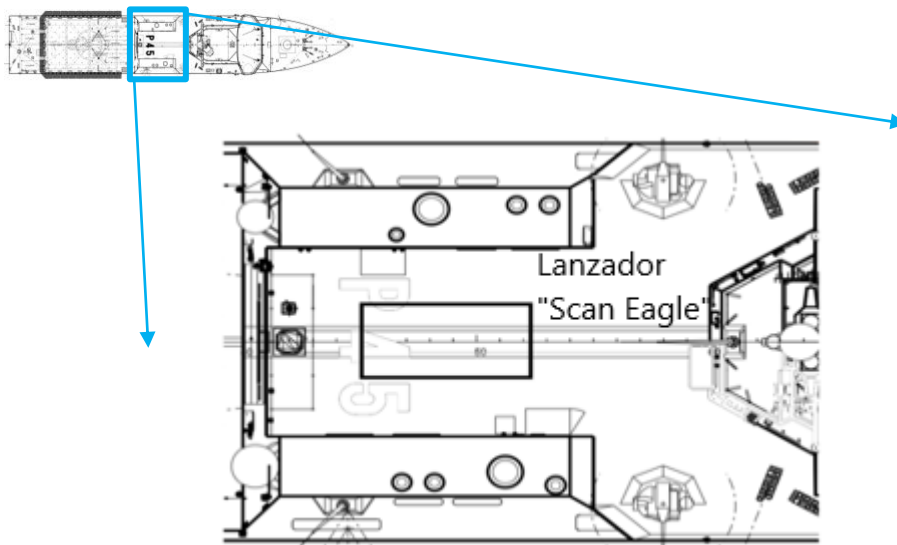
DIMENSIONES	LONGITUD	ALTURA	ANCHURA	PESO
RECOGIDO	5,43 m	2,21 m	1,65 m	1905 kg
DESPLÉGADO	6,71 m	2,21 m	2,44 m	1905 kg

Tabla 1 Dimensiones lanzador Scan Eagle



**Figura 3-21 Sistema Lanzamiento Scan Eagle [73]**

Para su emplazamiento fijo en los BAM, en la cubierta superior al hangar de vuelo (Figura 3-22).



**Figura 3-22 Disposición lanzador Scan Eagle**

Las dimensiones del espacio ubicado entre las dos chimeneas del buque son de 6,75 metros por lo cual, la anchura del UAV no sería un inconveniente para su colocación.

En el nivel 03 sobre el que iría dispuesto el lanzador se encuentra la senda de planeo de las aeronaves, Figura 3-23, cuyo inconveniente principal es la imperante necesidad de estar dispuesto a cruzar del buque, pudiendo ser movido entre 0,5 metro y 1 metro indistintamente a proa o popa según facilite el lanzamiento del UAV. Su altura de 1,5 metros y medio no imposibilita el lanzamiento del Scan Eagle debido a que la plataforma lanzadora se encuentra a una altura de 2,21 metros.



**Figura 3-23 Senda de planeo para control de aeronaves**

2. En cuanto al sistema de recogida Skyhook el recuperador es el mismo tanto en la versión terrestre como en la naval y básicamente consiste en un remolque que una vez posicionado despliega

mediante motores eléctricos una especie de grúa con dos brazos extensibles en altura y longitud, con el fin de mantener verticalmente tenso un cabo de driza, es el elemento que captura el avión mediante un gancho situado en el extremo del ala. Funciona con cuatro baterías recargables de 6V cuya función es desplegar y recoger los brazos.

El enganche tan preciso se consigue mediante el guiado por una antena de GPS diferencial instalado en el extremo de la pértiga o brazo de la que pende tensa la driza que se comunica con el GPS del avión, al cual se le programa para que enganche en un punto exacto de la misma.

Posteriormente mediante acción manual de los operadores el avión se arria hasta la cubierta de vuelo.

Las dimensiones del Skyhook son variables según las necesidades del usuario, pero las que opera la 11ª Escuadrilla de la Armada son las siguientes:

DIMENSIONES	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PESO
RECOGIDO	4,66 m	1,55 m	2,3 m	1.710 kg
DESPLEGADO	10,1 m	3.6 m	13,96 m	1.710 kg

**Tabla 2 Dimensiones Skyhook**



**Figura 3-24 Skyhook desplegado [74]**

Para la recogida del Scan Eagle a bordo del BAM, se propone un sistema similar al que podemos observar en la Figura 3-25.



**Figura 3-25 Sistema recogida Scan Eagle [75]**

De este modo atendemos a la ubicación y el sistema de recogida del Scan Eagle en el BAM, Figura 3-26.

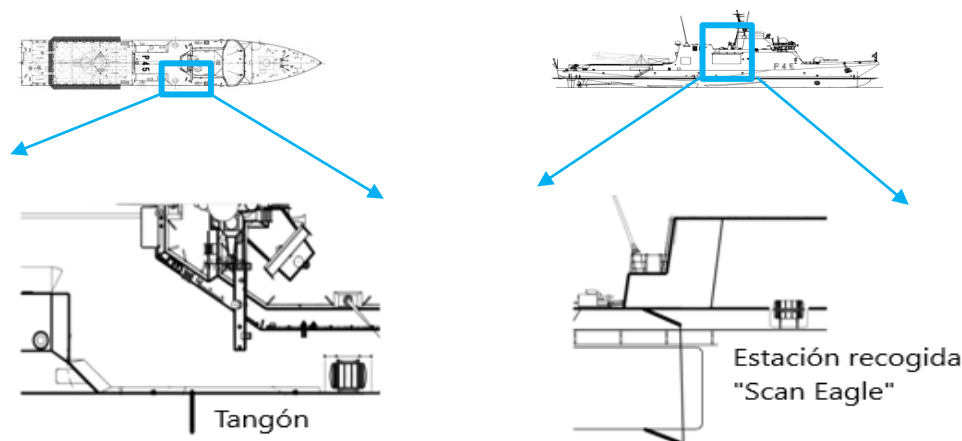


Figura 3-26 Disposición estación recogida Scan Eagle

## 3.2 Matriz de decisión y evaluación económica

### 3.2.1 Matriz de decisión

Para poder hacer una elección objetiva, se enfrentarán las diferentes propuestas una matriz de decisiones (Tabla 3) para evaluar de forma cuantitativa cuales son las ventajas e inconvenientes de cada solución propuesta y contrastar las diferentes variables.

El sistema de puntuación de las propuestas es el explicado a continuación:

Los diferentes ámbitos que mejoran estas propuestas como son las amenazas asimétricas, la lucha contra incendios y la vigilancia marítima, obtienen una puntuación en función de la importancia que supongan para el buque en lo relativo a las situaciones y misiones en las que puede encontrarse.

- Las amenazas asimétricas suponen un peligro para la seguridad del buque, siendo un tipo de amenaza cada vez mayor, como se explicó en el punto 2.1.5. Al ser un aspecto que puede menoscabar la operatividad del buque y provocar perjuicios a la plataforma y a la dotación, su peso es un 3 en la matriz de decisión.
- La lucha contra incendios para ayuda exterior es un concepto que puede suponer una gran ayuda en determinadas situaciones y provocar una gran diferencia en términos de seguridad de la dotación. A pesar de ello, la frecuencia con la que se puede llegar a recurrir de estos medios es baja, por lo tanto, su peso es un 1.
- La vigilancia marítima es uno de los cometidos para el cual los BAM están permanentemente encomendados. Al ser un aspecto importante y no suponer un peligro para la seguridad del buque, su peso es un 2

En cuanto a la puntuación final de las mejoras propuestas, se obtendrá con la multiplicación de los valores numéricos otorgados a las amenazas asimétricas, la lucha contra incendios y la vigilancia marítima, por la influencia en mayor o menor medida de las RHIB's USV, las estaciones RWS, el monitor FiFi. y el sistema fijo de lanzamiento y recogida del Scan Eagle.

Influencia de las mejoras propuestas, con un sistema de valoración del 0 en el caso de que no aporte ventajas y un 3 en el caso de mayor aporte.

- Las RHIB's USV, son un elemento que pueden enfrentar a las amenazas asimétricas y supone un apoyo fundamental en la vigilancia marítima

- Las estaciones de armas RWS, son el principal mecanismo de defensa del buque contra amenazas asimétrica y pueden suponer en determinadas situaciones una ayuda para la observación mediante sus métodos de visión, contribuyendo a la vigilancia marítima.
- El monitor FiFi tiene el motivo de prestar un servicio en el auxilio exterior.
- El sistema fijo del Scan Eagle, aumenta la operatividad del buque al permitir trabajar simultáneamente con otras aeronaves y con ello su capacidad para combatir amenazas asimétricas, además de ser un vector fundamental para contribuir a la vigilancia marítima.

En base a estas premisas, el resultado obtenido es un 10 en el caso de las RHIB's USV, un 9 el sistema fijo del Scan Eagle, un 8 para las estaciones de armas RWS y un 3 para el monitor FiFi siendo la propuesta que menos influiría.

	<b>Amenazas asimétricas</b>	<b>Lucha C.I.</b>	<b>Vigilancia Marítima</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Peso</b>	3	1	2	
<b>RHIB's USV</b>	2x3=6	0	3x2=4	10
<b>Estación RWS</b>	2x3=6	0	1x2=2	8
<b>Monitor FiFi</b>	0	3x1=3	0	3
<b>Sistema fijo Scan Eagle</b>	1x3=3	0	3x2=6	9

**Tabla 3 Matriz de decisión**

### 3.2.2 Evaluación económica

La evaluación económica (Tabla 4) que se realiza de este conjunto de sistemas a implementar en los BAM, está basada en el precio de venta en el mercado comercial, sumado a la posible a realizar en el supuesto de que haya que modificar aspectos de la estructura del buque.

En cuanto al precio total de estos elementos:

- Las RHIB's USV, son un tipo de embarcaciones con alto desarrollo tecnológico y que cuenta con multitud de sistemas que aumenta el coste en comparación con otro tipo de embarcaciones RHIB. El precio base oscila entre los 250.000 y los 350.000 euros en función de la incorporación de elementos adicionales de pago, como un sistema de armas. El sistema de arriado y levado de la embarcación oscila en coste entre los 250.000 y los 300.000 según fuentes consultadas en la Sección de Ciclo de Vida de ICOFER.
- Las estaciones de armas RWS son armas con un gran desarrollo tecnológico que incorporara novedosos sistemas de visión y apuntado, siendo un elemento con un precio elevado en comparación con sistemas de armas manuales. Su precio oscila entre los 150.000-200.000 por unidad en función del calibre y de los sistemas que incorpora, sumado al montaje en el buque.
- El precio del sistema de contra incendios depende de dos elementos, la bomba de C.I., cuyo precio puede variar en función de la potencia entre los 30.000 y los 50.000 euros y el cañón

de agua oscila entre los 2000 y los 5000 euros. En este caso la instalación del sistema puede elevar el precio, haciendo que el montante final ascienda a los 100.000 y los 150.000.

- El sistema fijo de lanzamiento del Scan Eagle no supone una inversión económica notable. El sistema de recogida supondría un desembolso de alrededor de 20.000 euros. En total dicha el montante total de la operación ascendería a los 30.000 y los 40.000 euros.

	<b>RHIB's USV</b>	<b>Estación RWS</b>	<b>Monitor FiFi</b>	<b>Sistema fijo Scan Eagle</b>
<b>Precio euros/unidad</b>	250.000- 350.000	150.000- 200.000	100.000- 150.000	30.000- 40.000

**Tabla 4 Evaluación económica**

Incluimos la valoración económica en la matriz de decisión (Tabla 5). Posteriormente decidimos cuál de estas propuestas es viable realizar entendiendo la situación actual de estos barcos y de la Armada.

	<b>Amenazas asimétricas</b>	<b>Lucha C.I.</b>	<b>Vigilancia Marítima</b>	<b>Evaluación Económica (euros)</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Peso</b>	3	1	2		
<b>RHIB's USV</b>	2x3=6	0	3x2=4	300.000	10
<b>Estación RWS</b>	2x3=6	0	1x2=2	175.000	8
<b>Monitor FiFi</b>	0	3x1=3	0	125.000	3
<b>Sistema fijo Scan Eagle</b>	1x3=3	0	3x2=6	35.000	9

**Tabla 5 Matriz de decisión y evaluación económica**

Tras este proceso de decisión, observamos que el sistema fijo del Scan Eagle es una mejora que permite aumentar la operatividad del buque en mayor grado, con el menor coste económico. Las RHIB's USV, aunque resulten de una puntuación final mayor, tendrían un precio elevado por unidad adquirida. Las estaciones RWS suponen una inversión importante para su adquisición y no mejoran las prestaciones del Scan Eagle. En último lugar, el monitor FiFi, es la propuesta con menor puntuación, aunque su precio en comparación con los drones y las estaciones de armas es menor.

De esta forma el orden o prioridad de las mejoras serían las siguientes:

1. Sistema fijo Scan Eagle
2. RHIB's USV
3. Estación RWS
4. Sistema FiFi

El motivo de esta clasificación es optimizar los recursos económicos dando prioridad a aquellas modificaciones que aumenten la eficiencia de actuación de los BAM en su vida operativa en mayor medida.



## 4 ANÁLISIS DE LAS OPCIONES

### 4.1 Implantación mejoras

En este apartado calcularemos cual es el espacio disponible para la implementación de las mejoras y que espacio ocuparía cada una, estudiando la viabilidad de estas desde un punto de vista técnico.

#### 4.1.1 RHIB's USV

El prototipo elegido es el Sead 23, el cual estudiaremos para su ubicación en los dos emplazamientos mencionados anteriormente.

#### 1. Ubicación del Sead 23 en los nichos laterales

El espacio para las rhibs en esta ubicación está ocupado por embarcaciones de hasta 7,3 metros como la RHIB Hurricane 733. En este caso el USV Sead 23 tiene unas dimensiones de 6,95 metros de largo y 2,32 metros de manga. En el nicho de babor irá dispuesta la embarcación, y en el otro nicho, irá ubicada una de las dos Hurricane para uso de la dotación del buque.

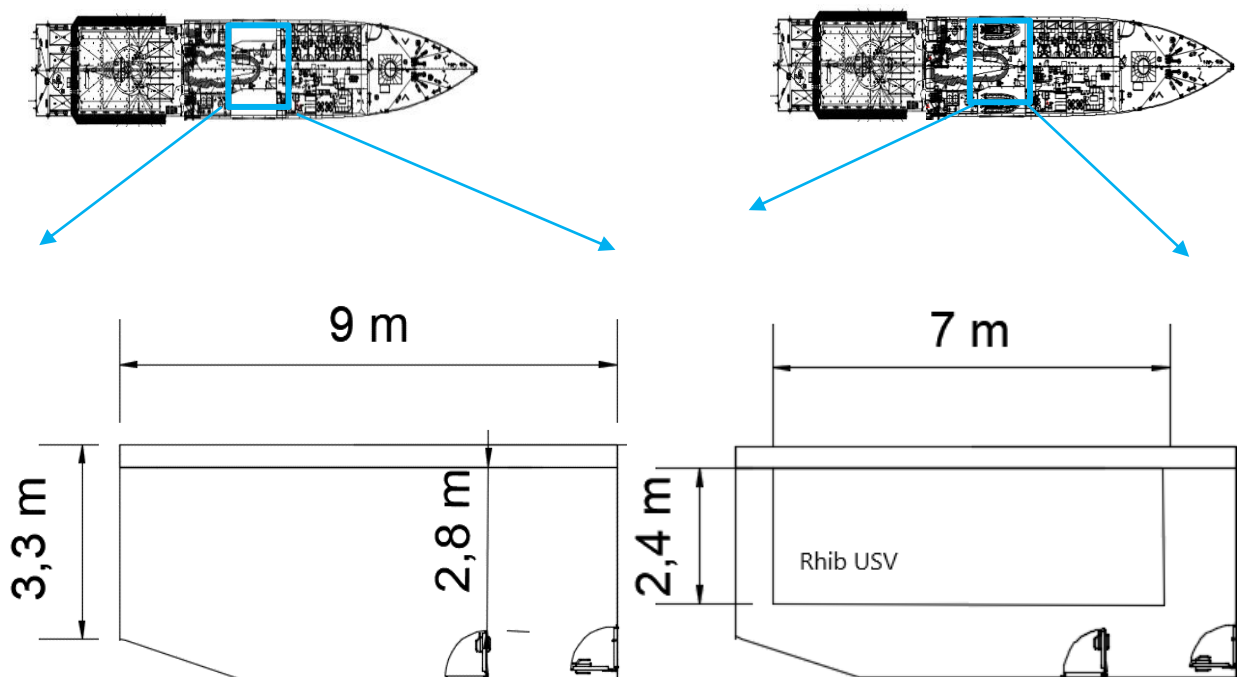


Figura 4-1 Espacio y ubicación Sead 23



## 2. Ubicación en la toldilla del buque

El espacio en la toldilla del buque para la disposición del Sead 23, es de 3,3 x 7,8 metros y una altura de 2,2 metros que es la altura a la cual se encuentra la grúa que se encargará de llevar y arriar la embarcación.

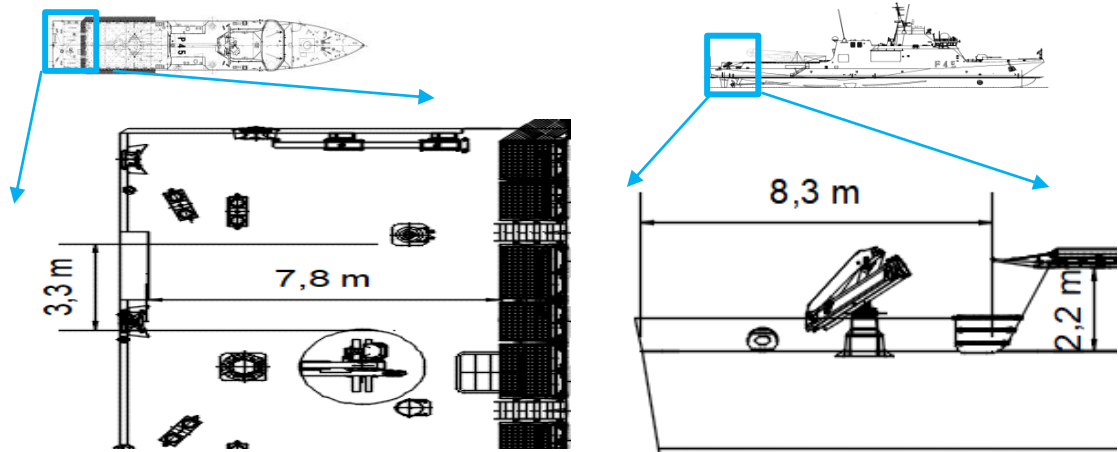


Figura 4-2 Espacio RHIB USV en toldilla

En la Figura 4-3 observamos cuales son las dimensiones que ocuparía el Sead 23 y cuál sería la disposición final de su cuna. En esta ubicación el recorrido de las estachas cuando están trabajando sobre el chigre debe ser modificado en caso de que se incorpore el prototipo. Además, en la segunda imagen de la Figura 4-3, observamos la instalación completa junto a las estaciones RWS, las cuales no interferirían en la maniobra de la RHIB's. El procedimiento para su arriado se llevaría a cabo por la popa del buque.

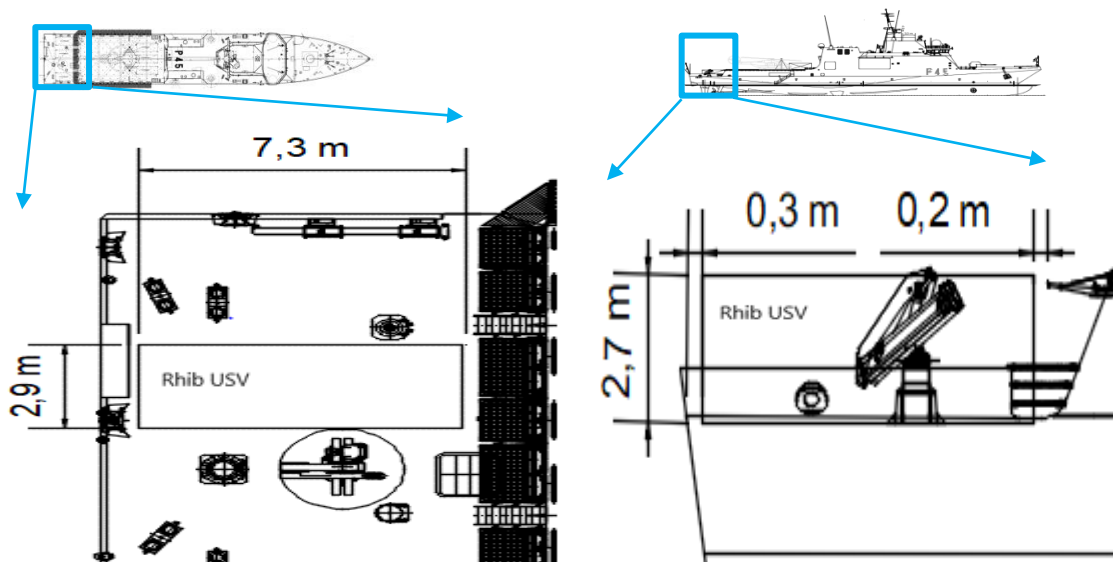


Figura 4-3 Ubicación de RHIB's USV en toldilla

El BAM podría albergar una RHIB's USV en cada uno de los dos emplazamientos estudiados. De esta forma se amplía la capacidad de proyección naval en mayor medida al contar con dos prototipos en vez de uno.

### 4.1.2 Sentinel 12,7 mm

El Sentinel de 12,7 mm es la estación RWS de Escribano, elegida como la idónea para aportar defensa primaria al buque contra amenazas asimétricas. Su capacidad para incorporar otros cañones de menor calibre como el de 7,62 mm permite adaptar la estación a las necesidades del momento.

El RWS debe ser parte integral del subcontrol de “Maritime Force Protection” (MFP). Éste se activa para la defensa cerca del buque en guerra asimétrica.

La organización interna en MFP determina que el Puesto de Mando Primario (PMP) para MFP se ubica en el Puente de Gobierno a las órdenes del Oficial de Force Protection (FPO), que es además el puesto habitual del Comandante del buque, mientras que el Puesto de Mando Secundario (PMS) se encuentre en el CIC a las órdenes del TAO.

La propuesta considera la ubicación de los siguientes elementos del sistema:

- 4 consolas de operador (panel de control + consola).
- 4 montajes para ametralladora BROWNING de 12,7 mm.
- 4 monitores (repetidores de las consolas de los operadores)
- 2 paneles de seguridad.

#### 1. Ubicación de los montajes

La ubicación idónea de las armas es en una cubierta con un arco de visión de fuego amplio, sin interferencias con elementos estructurales y que permita un solape en la cobertura de sus arcos de fuego con el resto de las armas del buque.

La propuesta considera la instalación de las armas en la cubierta de seguridad interior, situando dos de ellas en toldilla lo más próximas al extremo de cada banda y en la cubierta 01, ubicando otras dos estaciones en el castillo del buque en el espacio entre los chigres del ancla y el cañón Oto Melara a ambas bandas.

El espacio en el cual irán dispuestas las RWS es limitado debido a la existencia en la cubierta del buque de otros elementos. En el punto 3.1.2 se estableció la zona en la cual se procederá a realizar el estudio sobre la viabilidad de estos sistemas.

Una estación RWS de 12,7mm tiene las siguientes dimensiones: la base ocupa un espacio de 45x45 centímetros, el espacio donde va apoyada el arma tiene unas dimensiones de 100x110 centímetros y la altura depende de la plataforma, oscilando entre los 1,5 metros y los 2 metros.

El candelero en toldilla y en castillo tiene una altura similar, 0,9 metros, como observamos en la Figura 4-4.

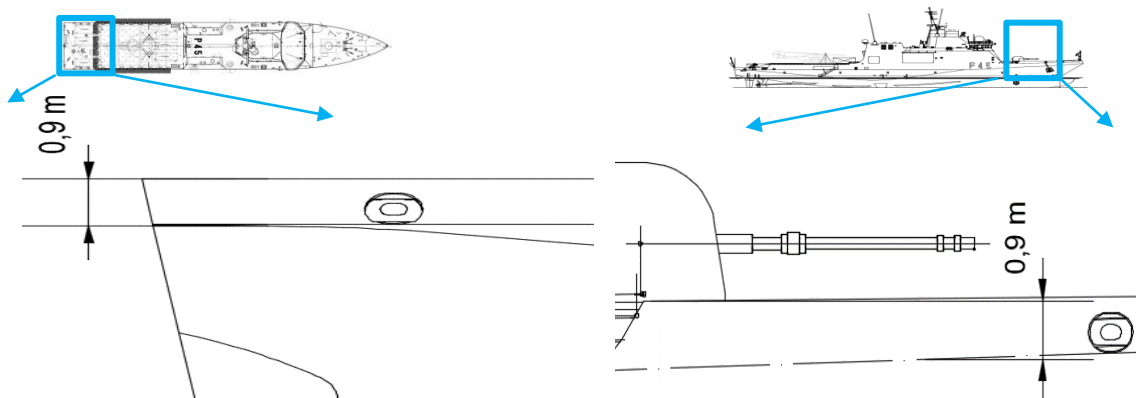


Figura 4-4 Altura candelero toldilla y castillo.

En toldilla como podemos observar en la Figura 4-5, disponemos de un espacio total de 3 metros x 1,1 metros, para evitar interferir en el recorrido de las estachas.

El espacio que ocupará la RWS en popa es el que vemos en la Figura 4-5, una superficie de 0,8 x 1,5 metros y una altura de la estación de 1,5 metros.

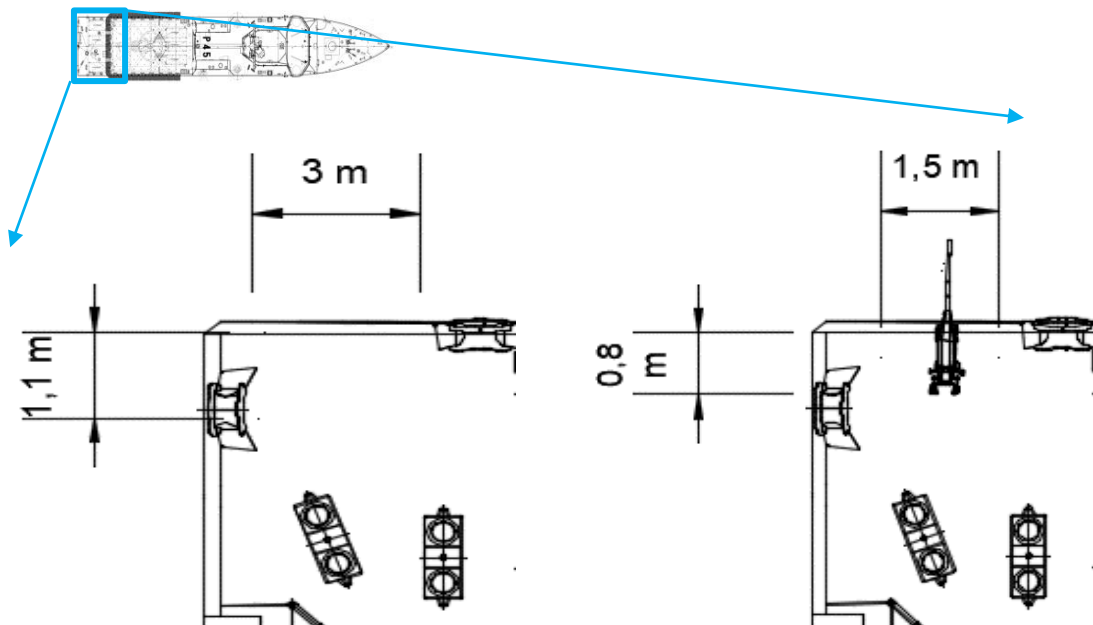


Figura 4-5 Espacio y ubicación RWS toldilla

El espacio en el castillo del buque para las estaciones RWS es mayor, teniendo 4 metros a lo largo de la banda del buque para su ubicación. De esta forma el montaje ocuparía un espacio de 0,8 x 2 metros y una altura de este de 1,5 metros de altura como podemos observar en la Figura 4-6.

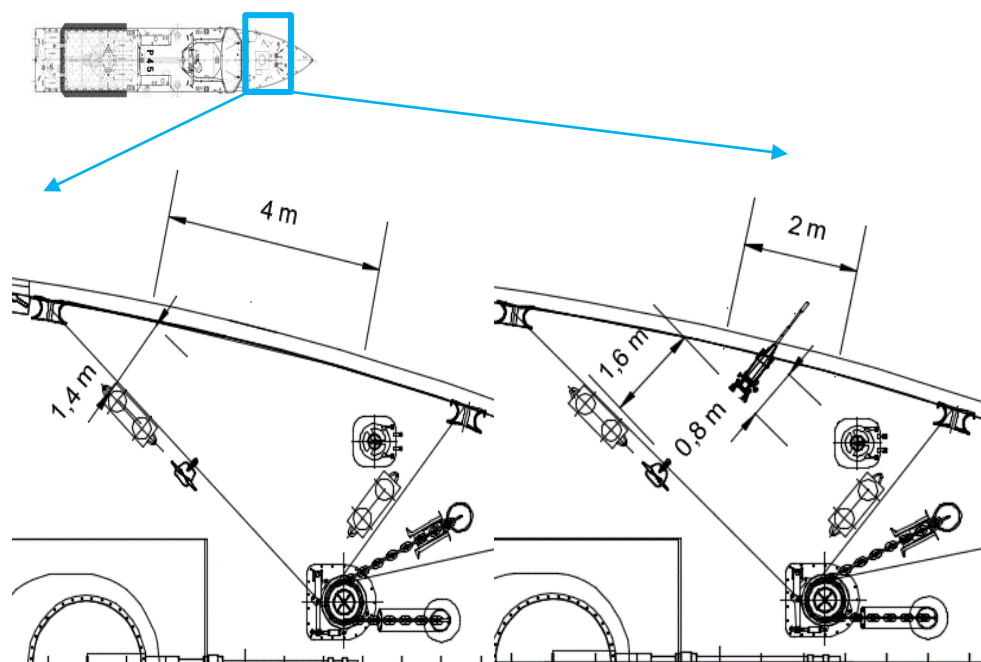


Figura 4-6 Espacio y ubicación RWS castillo

La instalación final de las RWS sería semejante a la Figura 4-7, como podemos observar, un montaje reducido que le permite adaptarse a prácticamente cualquier emplazamiento.



**Figura 4-7 Ubicación RWS 12,7 mm en cubierta**

## **2. Ubicación de las consolas**

Se propone la ubicación de las consolas en el Puente de Gobierno, siendo un compartimento amplio, lo que permite varias posibilidades para la ubicación de las consolas.

La distribución propuesta es:

- 4 consolas de operador estarían ubicadas en el puente
- Monitores de presentación en el CIC a la vista del TAO/Comandante de la Guardia
- Sistema de anulación de fuego en el CIC junto al TAO/Comandante de la Guardia y a mano del Comandante para cuando se encuentre en el CIC
- Panel de seguridad en el puente junto al sillón del Comandante

Con las consolas instaladas en el Puente, el Comandante tiene una disponibilidad más rápida y eficaz del RWS en las situaciones en las que el buque es más vulnerable a la amenaza asimétrica, situaciones en las que normalmente el Comandante se encuentra en el puente de gobierno.

El TAO (Tactical Action Officer) se mantendría informado por el FPO (Force Protection Officer), y seguiría la situación táctica y los movimientos de los montajes a través de los monitores de presentación ubicados en el CIC, con la misma presentación de los operadores de las armas. Junto a su consola dispondría del panel de seguridad para impedir abrir fuego. De esta manera, podría actuar por veto en caso necesario.

Con esta configuración al llevar asociada cada uno de los montajes una cámara FLIR, se aumentaría la capacidad optrónica nocturna en el puente de gobierno ayudando a mantener una situación de superficie clara.

### **4.1.3 Monitores FiFi**

Los sistemas FiFi a implementar en los BAM deben estar capacitados para dar auxilio a los buques de mayor tamaño de la Armada Española como son el L-61 “Juan Carlos I” y los buques anfibios L-51 “Galicia” y L-52 “Castilla”.

El sistema elegido para ser montado en el BAM es similar al de un FiFi II modificado.

- Dos monitores de C.I:
- Capacidad máxima de 2800 m<sup>3</sup>/h por monitor.
- Dos bombas de C.I.
- Capacidad máxima 5600 m<sup>3</sup>/h.
- Alcance en distancia de 180 m.
- Alcance en altura de 70 m a 110 m de distancia del buque.

La empresa elegida para la instalación es “**Jason Engineering AS**”.

Las bombas de C.I. serán el modelo “OGF 350x 500 Fire Pump”, Figura 4-8, una bomba centrífuga de una etapa y doble aspiración, con una capacidad de bombeo de entre 3000-5500m<sup>3</sup>/h. La bomba puede ser accionada directamente por un motor diésel o por un motor eléctrico. Montaje horizontal con ejecución de aspiración/descarga lateral, inferior-superior y lateral-superior. La carcasa y el rodete están fabricados de níquel, aluminio y bronce o fundición nodular y el eje de acero inoxidable.



**Figura 4-8 Bomba C.I [76]**

En cuanto a los monitores que expulsarán el agua que llegue de las bombas de C.I: el elegido es un “FM250”, Figura 4-9, un monitor de flujo único con control remoto eléctrico, con una capacidad máxima de 2800 m<sup>3</sup>/h y un alcance máximo de 180 m. Tiene una boquilla instalada de chorro recto con deflector. Su funcionamiento se basa en un mando a distancia eléctrico con joystick. Tiene un tipo de engranaje giratorio de tornillo sin fin y rueda, sellado y engrasado de por vida.

Los materiales de los que está constituido son: en la vía de agua de bronce y acero inoxidable de alta calidad y la carcasa del engranaje de hierro fundido modular.

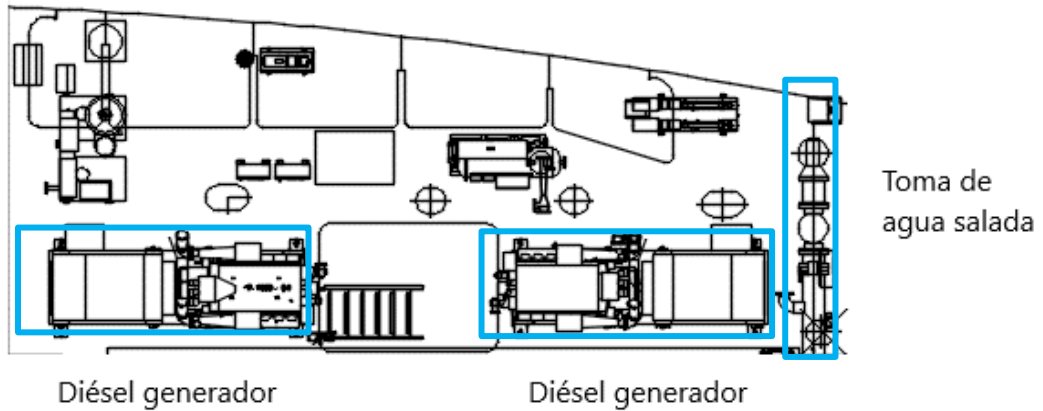


**Figura 4-9 Monitor FiFi**

Las dos bombas de C.I. se ubicarían en la cámara de máquinas que se encuentra, según la subdivisión estanca de seguridad interior del buque en el “techo doble fondo”, segunda cubierta por debajo de la cubierta principal.

En la cámara de máquinas de proa se encuentran 2 diésel-generadores MTU 12V 2000 de 660 kW que entregan la potencia eléctrica necesaria para el buque, como comentamos en la Figura 2-3. Las

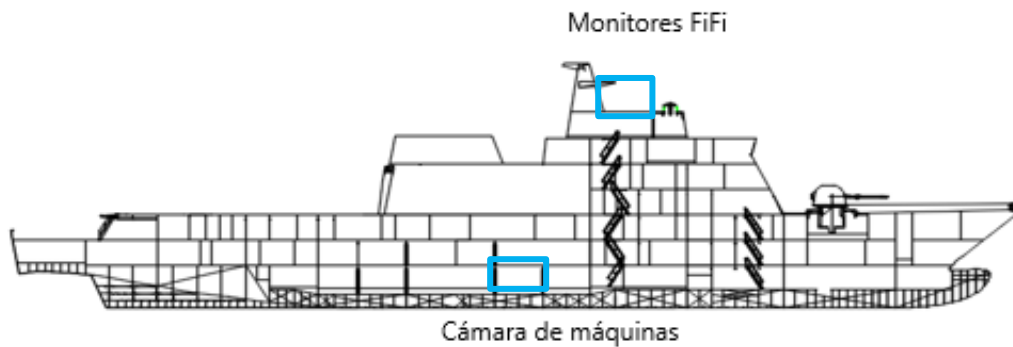
bombas de C.I. utilizarán dichos diésel-generadores para su funcionamiento además de aspirar el agua del mar de la toma de agua salada ubicada en el mismo compartimento, como observamos en la Figura 4-10.



**Figura 4-10 Cámara de máquinas de proa**

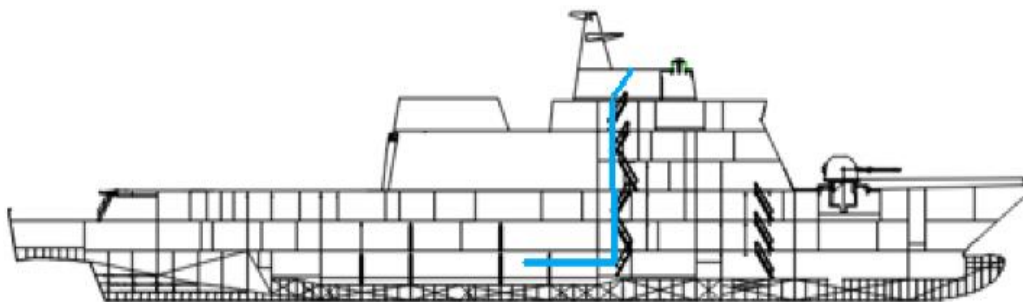
En cuanto a la ubicación de los monitores FiFi, elegimos la configuración prevista en la Figura 3-20, sobre la estructura del puente de gobierno en el nivel 05.

De esta forma en la Figura 4-11, observamos la ubicación de los monitores y de las bombas en el BAM.



**Figura 4-11 Ubicación bombas C.I. y monitores FiFi**

Para conectar la cámara de auxiliares con los monitores FiFi, dispondremos de un conducto desde la cubierta del techo de doble fondo hasta el nivel 05, Figura 4-12. Estas bombas darán cobertura a los monitores FiFi, integrándose dentro del sistema de C.I. del buque para cuando sea necesario.



**Figura 4-12 Conexión entre monitores FiFi y bombas C.I.**



En cuanto al espacio de la cubierta 05, donde irán dispuestos los monitores FiFi, es el que vemos en la Figura 4-13.

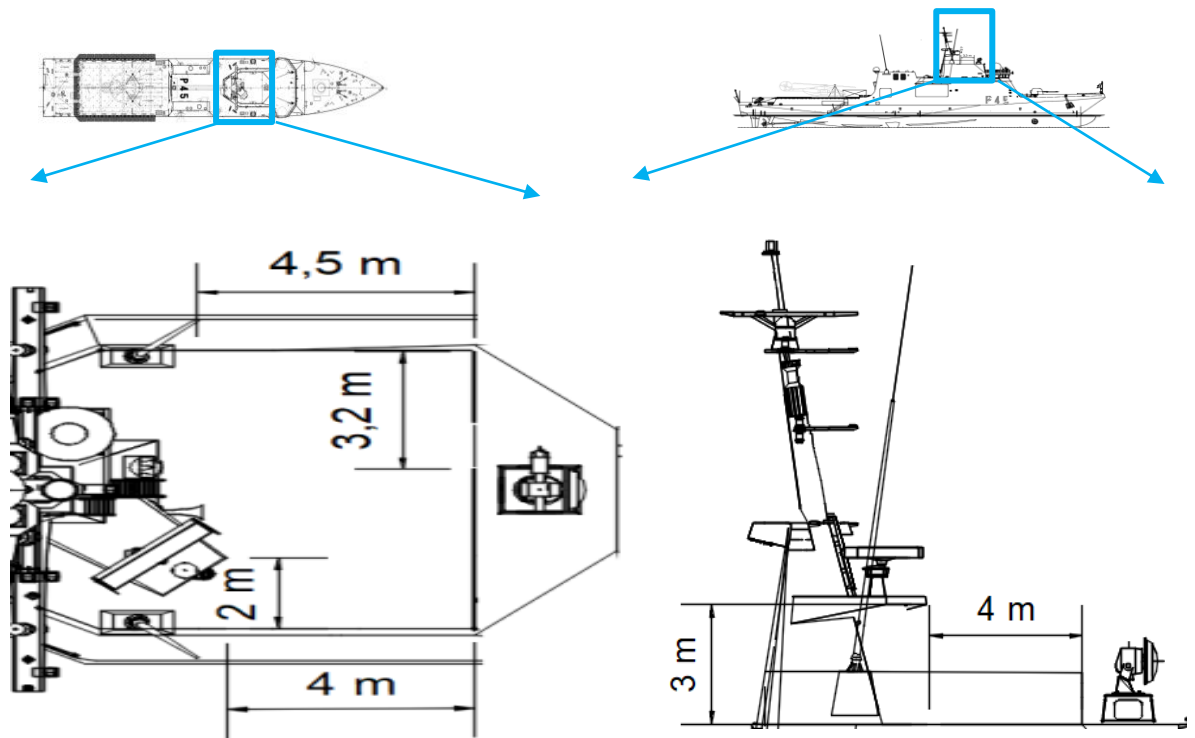


Figura 4-13 Espacio cubierta 05 para monitores C.I.

La implementación de los monitores FiFi en dicha cubierta, la podemos observar en la Figura 4-14.

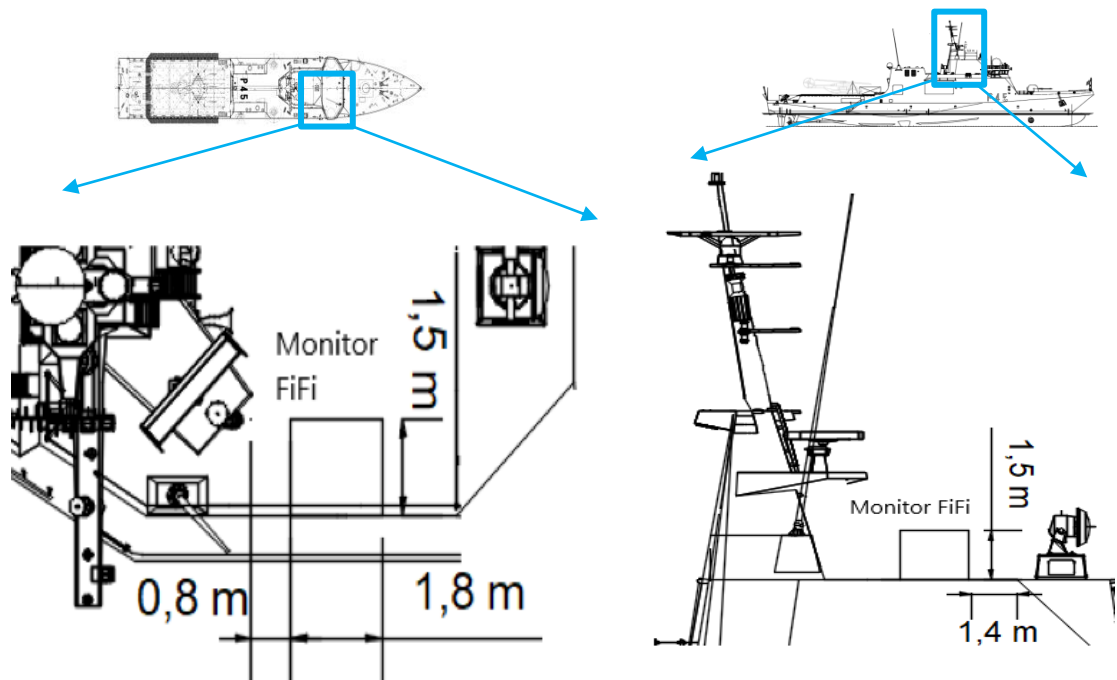


Figura 4-14 Ubicación Monitores C.I.

De forma similar a la disposición de los monitores FiFi en el puente del buque de Salvamento Marítimo “María Pita”, Figura 4-15, cuyos sistemas tienen un recorrido limitado por unos topes en función de la superestructura del buque. Con el posicionamiento de dos monitores, cada uno cubre alrededor de 180° de visión para dar cobertura a la totalidad del buque.



Figura 4-15 Monitores FiFi en el María Pita

#### 4.1.4 Sistema fijo de lanzamiento y recogida del Scan Eagle

1. El Sistema de lanzamiento del Scan Eagle, mencionado anteriormente en el punto 3.1.4 tiene su colocación en el nivel 03, encima del hangar de vuelo.

El espacio disponible en dicha ubicación es el mostrado en la Figura 4-16.

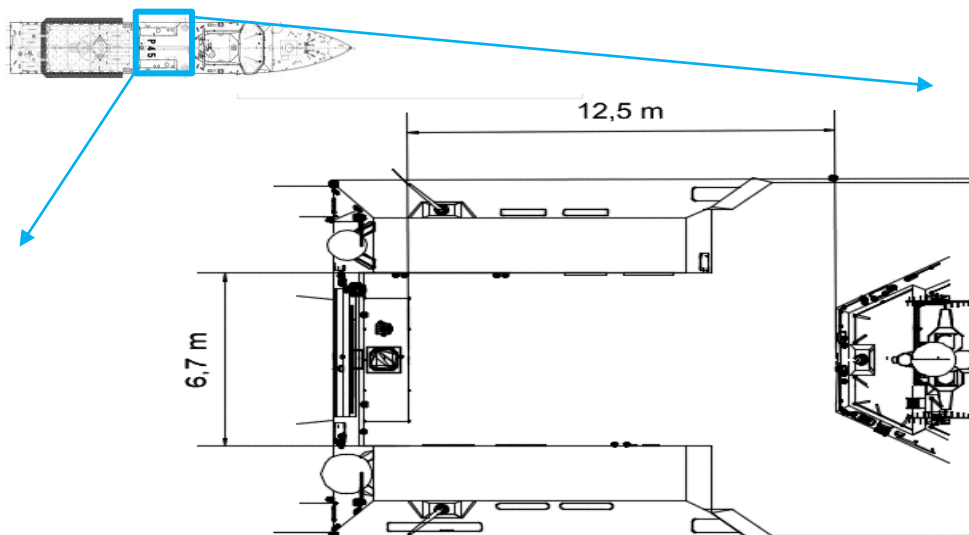


Figura 4-16 Ubicación Scan Eagle

El mayor inconveniente en este emplazamiento es la senda de planeo de las aeronaves que puede suponer un impedimento para el lanzamiento del dron. Para ello la separación de hasta 3 metros para poder solventar dicho obstáculo en su despegue.



El lanzador del Scan Eagle ocupa mayor espacio cuando está en posición desplegado, listo para lanzar, con unas dimensiones de 6,71 metros de longitud, 2,21 metros de altura y 2,44 metros de anchura, como vemos en la Figura 4-17.

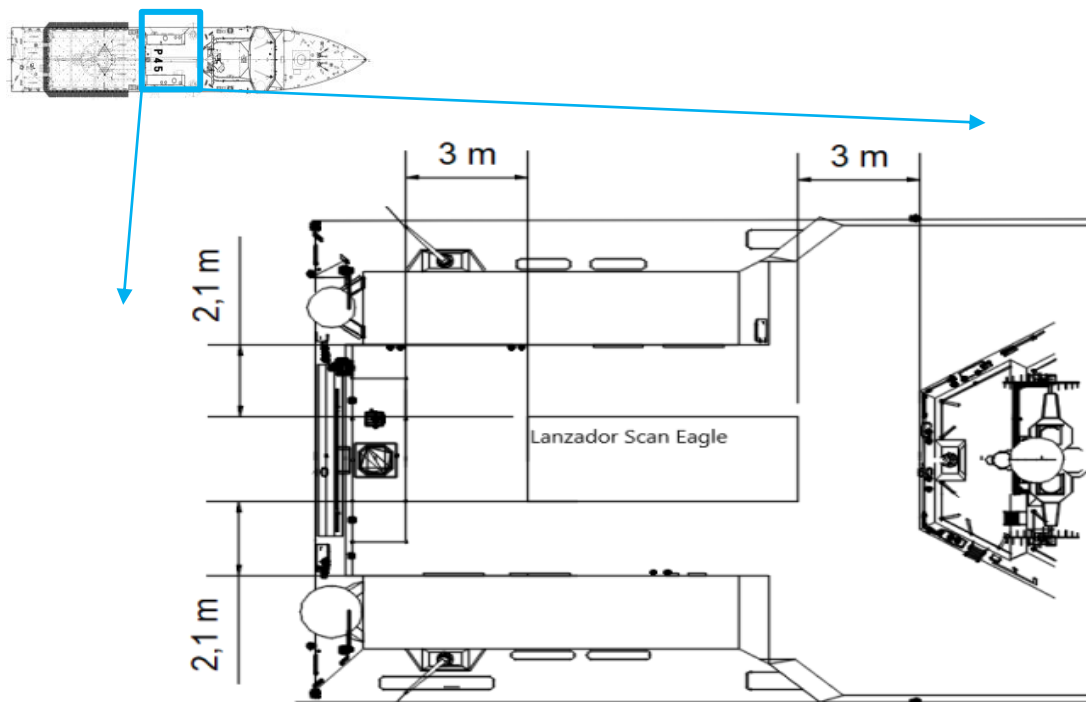


Figura 4-17 Disposición Scan Eagle

- En cuanto al sistema de recogida del Scan Eagle se propone sustituir el utilizar una driza, unida a un cordón de choque para reducir la tensión en la estructura del avión, que cuelga de un poste o tangón con una longitud de entre los 9 a los 15 metros. La precisión con la que el Scan Eagle maniobra durante el vuelo es posible gracias a las unidades GPS diferenciales de alta calidad montadas en la parte superior del poste y el UAV. El espacio disponible es de 11,5 metros desde la cubierta de botes hasta el nivel 03, como vemos en la Figura 4-18.

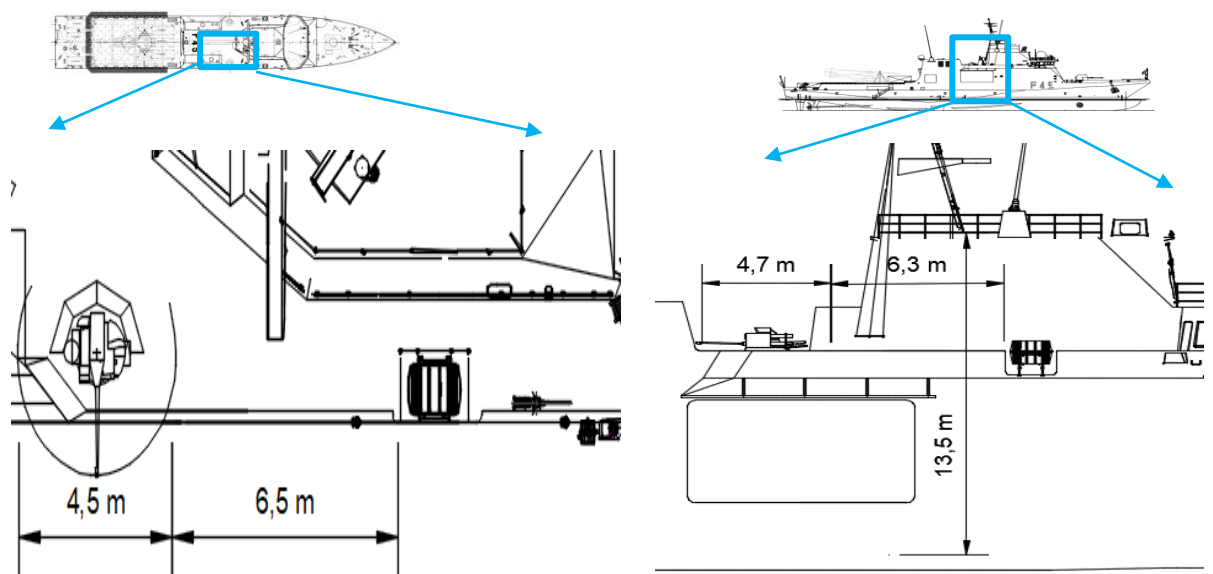
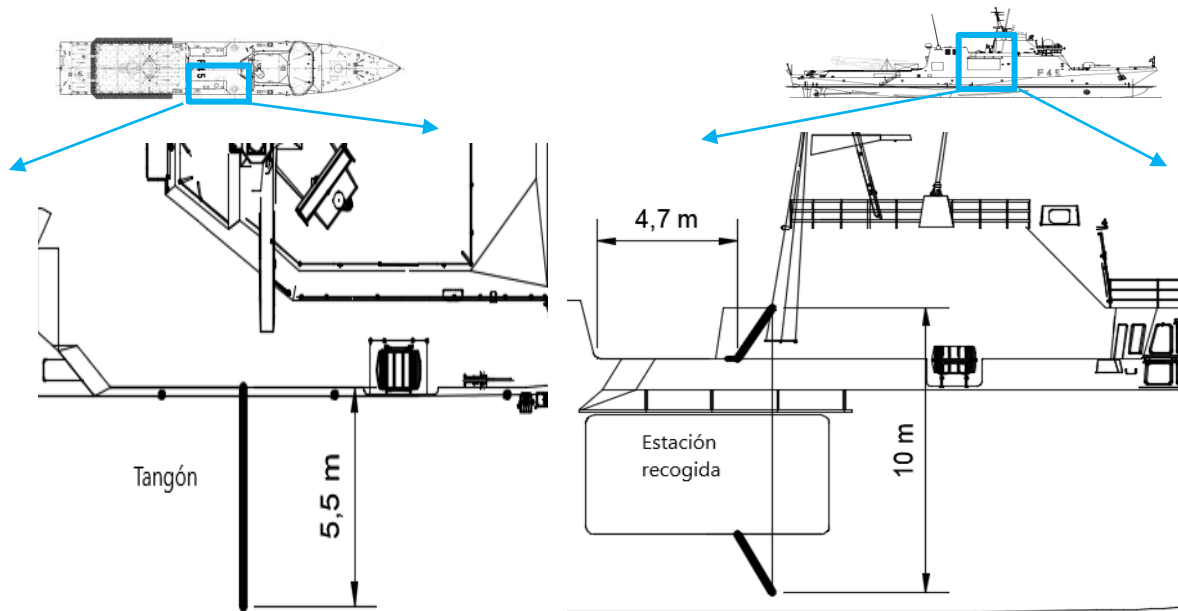


Figura 4-18 Espacio disponible Skyhook

El sistema de recogida del Scan Eagle, es el que vemos en la Figura 4-19 con dos tangones ubicados en el nivel 03 y en la cubierta de botes que sostienen una driza de 10 metros encargada de la recogida del UAV. Para el manejo y despliegue de los tangones se dotarían a los mismos de la maniobra de poleas, amantillos y brazas o escotas y sus correspondientes puntos de amarre necesarios para su uso y para que salvando la regala de la cubierta 03, pueda ser arriado y recogido sobre dicha cubierta.



**Figura 4-19 Estación recogida Skyhook**

El Skyhook se recogerá de tal forma que no interfiera en el arriado y levado de las embarcaciones. Para ello, ambos tangones quedarán dispuestos a lo largo de la banda del buque, mientras que la cuerda podrá ser estibada junto a los demás elementos de control del Scan Eagle en el contenedor, para que no se deteriore de tal forma que sea usada solo en caso necesario.



## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

### 5.1 Conclusiones

El objetivo principal de este TFG era y estudiar un conjunto de mejoras para aplicarlas a los buques tipo BAM cuya misión fundamental es la vigilancia marítima para ello nos marcamos una serie de objetivos intermedios que nos han permitido elaborar estas conclusiones.

De la revisión bibliográfica, hemos constatado que, Las Fuerzas Armadas de los países más avanzados deben de estar por tanto analizando constantemente los riesgos a los que están expuesto, así como sus capacidades y debilidades y consecuentemente con la investigación y desarrollo (I+D) invertir en la mejora y eficiencia de sus sistemas de combate lo que casa con la intención de este TFG de, mediante el estudio y análisis ofrecer mejoras para este tipo de buques.

El TFG, analiza, las posibilidades de incorporar nuevos sistemas en los BAM para, aprovechando la reserva de pesos con la que fueron diseñados y construidos para aumentar la operatividad de estos, sin menoscabo de sus capacidades actuales.

Con la integración de las RHIB´s USV, el BAM estría preparado para realizar labores de vigilancia y patrulla marítima sin la necesidad de que parte del personal de dotación tenga que embarcar. Esto permite aumentar los tiempos de permanencia en la mar, bajo condiciones de mar menos favorables y ejecutando las operaciones con mejores prestaciones. Los sistemas de armas que pueden integrar en su plataforma proporcionan defensa primaria contra amenazas asimétricas y los sistemas de vigilancia optrónicos aumentan el rango de identificación visual, posibilitando la vigilancia nocturna, y ayudando a las labores de inteligencia. Esta capacidad de los USV puede ser empleada como autoprotección o como protección de otras unidades a las que diese escolta.

Los sistemas de armas RWS contribuyen a la autodefensa del buque contra amenazas asimétricas y permiten aumentar su capacidad de disuasión. Al ser controlados de forma remota, la exposición por parte de la dotación en condiciones de máximo peligro es mínima, aumentando su seguridad. Con la integración de 4 sistemas RWS Sentinel 12,7 mm, además de aumentar su capacidad de lucha en escenarios de baja intensidad, permite que las labores de vigilancia y observación aumente gracias a sus sistemas de visión y detección de blancos.

El sistema FiFi que se propone para su instalación a bordo de los BAM, tiene por objeto dar cobertura inmediata contraincendios en escenarios lejanos a los buques de la flota, especialmente a los de gran tamaño, como son los anfibios “Galicia” y “Castilla”, el portaaviones “Juan Carlos I”, o el recientemente incorporado buque de transporte de tropas “Isabel”. Esto permite que la capacidad de autodefensa de la fuerza en el marco de una misión aumente, siendo los BAM unidades que ofrezcan una solución importante por su capacidad de auxilio exterior, en situaciones de combate, no tanto por su

capacidad ofensiva sino porque tienen velocidad y autonomía para incorporarse en un Grupo Naval y emplean el mismo sistema de combate, el SCOMBA.

La propuesta de integrar los sistemas de lanzamiento y recogida del UAV Scan Eagle en el BAM, pretende que la operación de estos permita operar de forma simultánea y coordinada con una otra unidad aérea embarcada, ya que al prescindir de que dichos elementos se desplieguen en la cubierta de vuelo y su recogida y estiba en el hangar, no condicionarían las operaciones del helicóptero, aumentando la capacidad aeronaval del buque.

## **5.2 Líneas futuras**

Realizadas las conclusiones del presente Trabajo de Fin de Grado a continuación se proponen algunas posibles líneas futuras:

1. Estudio detallado de las propuestas de mejora en las que consiste este TFG. Profundizar en el desarrollo de dichas mejoras individualizándose y estudiando a fondo las mismas.
2. Análisis de compatibilidad de las anteriores y estudio detallado del ciclo de vida para los sistemas y el buque.
3. Una tercera línea, pasa por el análisis de vulnerabilidades de este tipo de buques en los nuevos escenarios surgidos tras la invasión de Ucrania.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Los Buques de Acción Marítima de la Armada Española. | VA DE BARCOS». <https://vadebarcos.net/2015/05/16/bam-buques-accion-maritima-armada-espanola/> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [2] R. D. Infodefensa.com, «Navantia ultima la construcción de los BAM “Audaz” y “Furor” de la Armada española», *Infodefensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3077026/navantia-ultima-construccion-bam-audaz-furor-armada-espanola> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [3] «BAM: el descanso de la Flota - Revista Naval». <https://www.revistanaval.com/noticia/buque-accion-maritima-bam/> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [4] «El comercio marítimo, gran motor de la economía mundial, reclama profesionales cualificados». [https://www.bureauveritasformacion.com/Boletin/noticias\\_home/BVF-noticia-comercio-maritimo.html](https://www.bureauveritasformacion.com/Boletin/noticias_home/BVF-noticia-comercio-maritimo.html) (accedido 3 de febrero de 2022).
- [5] «Delincuencia marítima». <https://www.interpol.int/es/Delitos/Delincuencia-maritima> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [6] «Los 5 puertos más importantes de España», *SpanishPorts*. <https://www.spanishports.es/texto-diario/mostrar/1149469/5-puertos-importantes-espana> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [7] «El Estrecho de Gibraltar, la ruta marítima más transitada del mundo». <https://www.salama.es/noticia/ver/id/79/titulo/el-estrecho-de-gibraltar-la-ruta-maritima-mas-transitada-del-mundo.html> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [8] «Un buque de la Armada hará labores de vigilancia en aguas de Canarias», *www.efe.com*. <http://www.efe.com/efe/canarias/sociedad/un-buque-de-la-armada-hara-labores-vigilancia-en-aguas-canarias/50001312-4628463> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [9] A. Española, «Buque de Acción Marítima “Meteoro” (P-41) - B.A.M. “Meteoro” - Buques - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/10buques-accion-maritima--01buque-accion-maritima-meteoro-p-41> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [10] «Grupos navales permanentes OTAN (SNMG 1, SNMG 2 y SNMCMG2)-EMAD-WE ARE NATO - EMAD». <https://emad.defensa.gob.es/operaciones/operaciones-en-el-exterior/35-SNMG-SNMCMG2/> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [11] 20minutos, «Un buque de la Armada se dirige hacia el Mar Negro en una misión de la OTAN en plena tensión con Rusia», *www.20minutos.es - Últimas Noticias*, 18 de enero de 2022. <https://www.20minutos.es/noticia/4943057/0/un-buque-de-la-armada-se-dirige-hacia-el-mar-negro-en-una-mision-de-la-otan-en-plena-tension-con-rusia/> (accedido 3 de febrero de 2022).

- [12] «Patrulleros-Familia Avante - Patrulleros», *Navantia*. <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/patrulleros/familia-avante/> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [13] «A bordo de los buques de acción marítima BAM (I) - Revista Naval». <https://www.revistanaval.com/noticia/buque-accion-maritima-exterior/> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [14] A. Española, «Buque de Acción Marítima “Meteoro” (P-41) - B.A.M. “Meteoro” - Buques - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/10buques-accion-maritima--01buque-accion-maritima-meteoro-p-41> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [15] «BAM clase Meteoro - Buques de Guerra». <https://www.buquesdeguerra.com/es/buques-armada-espanola/patrulleros/patrullero-bam-clase-meteoro.html> (accedido 3 de febrero de 2022).
- [16] «ASIGNATURA MAQUINAS Y MOTORES NAVALES. Tema B4-2 SISTEMAS DE PROPULSION (CODOE)».
- [17] «Wayback Machine», 27 de febrero de 2012. <https://web.archive.org/web/20120227064603/http://www.otomelara.it/EN/Common/files/OtoMelara/pdf/business/naval/mediumCalibers/76-62C.pdf> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [18] «Sistemas - DORNA - Sistemas - Navantia». <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/sistemas/dorna/> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [19] «A bordo de los buques de acción marítima BAM (I) - Revista Naval». <https://www.revistanaval.com/noticia/buque-accion-maritima-exterior/> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [20] «Mk 38 Mod 3 Machine Gun System (MGS)», *BAE Systems / International*. <https://www.baesystems.com/en/product/mk-38-machine-gun-system> (accedido 12 de febrero de 2022).
- [21] «Medium Pintle Mount», *FN HERSTAL*. <https://fnherstal.com/en/defence/integrated-weapons-systems/medium-pintle-mount/> (accedido 13 de febrero de 2022).
- [22] «Inicio - EMAD». <https://emad.defensa.gob.es/> (accedido 13 de febrero de 2022).
- [23] A. Española, «Ametralladoras Minimi - Armamento - Infantería de Marina - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesinfanteria/prefLang-es/05material-armamento-infanteria-marina--06armamento--ametralladora-minimi-es> (accedido 13 de febrero de 2022).
- [24] MRC, «FN Herstal – Ametralladora ligera MINIMI calibre 7,62mm», *Intereses Estratégicos Argentinos*, 19 de junio de 2011. <https://interesestrategicoargentino.wordpress.com/2011/06/19/fn-herstal-ametralladora-ligera-minimi-calibre-762mm/> (accedido 13 de febrero de 2022).
- [25] «FN MINIMI® 7.62 Mk3», *FN HERSTAL*. <https://fnherstal.com/en/defence/portable-weapons/fn-minimi-762-mk3/> (accedido 13 de febrero de 2022).
- [26] «FUSA HK - Ejército de tierra». [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/armamento\\_ligero/FUSIL-G36E.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/armamento_ligero/FUSIL-G36E.html) (accedido 13 de febrero de 2022).
- [27] «Mk 36 Super Rapid Bloom Offboard Countermeasures (SRBOC) Chaff and Decoy Launching System», *BAE Systems / International*. <https://www.baesystems.com/en/product/mk-36-super-rapid-bloom-offboard-countermeasures-srboc-chaff-and-decoy-launching-system> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [28] «Sistemas - SICP - Sistemas», *Navantia*. <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/sistemas/sicp/> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [29] «Sistemas - SCOMBA - Sistemas», *Navantia*. <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/sistemas/scomba/> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [30] «aries\_low.pdf». Accedido: 4 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.indracompany.com/sites/default/files/aries\\_low.pdf](https://www.indracompany.com/sites/default/files/aries_low.pdf)

- [31] «VisionMaster FT Naval Radar | Sperry Marine». <https://www.sperrymarine.com/visionmaster-ft-naval-radar> (accedido 4 de febrero de 2022).
- [32] «rigel\_es\_and\_ea\_systems\_0.pdf». Accedido: 4 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.indracompany.com/sites/default/files/rigel\\_es\\_and\\_ea\\_systems\\_0.pdf](https://www.indracompany.com/sites/default/files/rigel_es_and_ea_systems_0.pdf)
- [33] «indra\_navai\_iff\_cit25d\_eng\_v01\_baja.pdf». Accedido: 4 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra\\_navai\\_iff\\_cit25d\\_eng\\_v01\\_baja.pdf](https://www.indracompany.com/sites/default/files/indra_navai_iff_cit25d_eng_v01_baja.pdf)
- [34] S. Navy, «3rd AIRCRAFT SQUADRON (Augusta Bell AB-212) - Aircraft - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesaeronaves/prefLang-en/02flotilla-aeronaves-helicopteros> (accedido 10 de febrero de 2022).
- [35] A. Española, «Antecedentes - Helicóptero NH90 - Nuevas Unidades - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesunidades/prefLang-es/> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [36] A. Española, «Scan Eagle - 11ª Escuadrilla Aérea - Scan Eagle - 11ª Escuadrilla Aeronaves - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España». <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquesaeronaves/prefLang-es/03flotilla-aeronaves-aeronaves-no-tripuladas> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [37] «SCAN EAGLE», *AERONAVES MILITARES ESPAÑOLAS*, 7 de marzo de 2017. <https://aeronavesmilitaresespanolas.com/scan-eagle-armada-espanola/> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [38] «02\_-\_Chapter\_1.pdf». Accedido: 8 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://ccgapacific.org/files/library/02\\_-\\_Chapter\\_1.pdf](https://ccgapacific.org/files/library/02_-_Chapter_1.pdf)
- [39] «Terrorismo marítimo: Una amenaza creciente de Al-Qaeda y los proxies iraníes», *Ojo europeo en la radicalización*, 14 de mayo de 2019. <https://eeradicalization.com/es/terrorismo-maritimo-una-amenaza-creciente-de-al-qaeda-y-los-agentes-iranies/> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [40] «USS Cole Bombing», *Federal Bureau of Investigation*. <https://www.fbi.gov/history/famous-cases/uss-cole-bombing> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [41] Defensa.com, «El ataque de embarcaciones suicidas contra una fragata saudí en Yemen -noticia defensa.com - Noticias Defensa Africa-Asia-Pacífico», *Defensa.com*, 3 de febrero de 2017. <https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/ataque-embarcaciones-suicidas-contra-fragata-saudi-yemen> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [42] «Golfo de Guinea. Piratería, narcotráfico y terrorismo – Rebellion». <https://rebellion.org/golfo-de-guinea-pirateria-narcotrafico-y-terrorismo/> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [43] «rfmdic2017cap06.pdf». Accedido: 8 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://armada.defensa.gob.es/archivo/rgm/2017/12/rfmdic2017cap06.pdf>
- [44] «“En minuto y medio se pasan 500 cartones de tabaco desde Gibraltar”». <https://sevilla.abc.es/andalucia/20150623/sevi-sive-estrecho-guardia-civil-201506222208.html> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [45] «Aircraft Carrier Photo Index: USS FORRESTAL (CVA-59)». <https://www.navsource.org/archives/02/cv-59/59f-0729.htm> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [46] «Memoria\_Salvamento\_Maritimo\_2020\_web\_2.pdf». Accedido: 8 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [http://www.salvamentomaritimo.es/statics/multimedia/documents/2021/11/08/Memoria\\_Salvamento\\_Maritimo\\_2020\\_web\\_2.pdf](http://www.salvamentomaritimo.es/statics/multimedia/documents/2021/11/08/Memoria_Salvamento_Maritimo_2020_web_2.pdf)
- [47] cdiaz, «Baterías de Litio provocaron incendio en nave Cosco Pacific», *MasContainer*, 12 de enero de 2020. <https://www.mascontainer.com/baterias-de-litio-provocaron-incendio-en-nave-cosco-pacific/> (accedido 8 de febrero de 2022).



- [48] M. Hernandez, «The tragedy of the oil tanker Aulac Fortune», *South China Morning Post*. <https://multimedia.scmp.com/news/hong-kong/article/2181233/Aulac-Fortune/?src=social> (accedido 8 de febrero de 2022).
- [49] «Se hunde la plataforma petrolera que explotó en el Golfo de México», *El País*, Madrid, 22 de abril de 2010. Accedido: 8 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://elpais.com/internacional/2010/04/22/actualidad/1271887218\\_850215.html](https://elpais.com/internacional/2010/04/22/actualidad/1271887218_850215.html)
- [50] M. P. Garat, «EL HUNDIMIENTO DEL HMS SHEFFIELD», p. 14.
- [51] «La Armada española apuesta por los vehículos no tripulados de superficie y submarinos». <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3165936/armada-espanola-apuesta-vehiculos-no-tripulados-superficie-submarinos> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [52] Defensa.com, «Sistemas navales no tripulados - Noticias Defensa Defensa Naval», *Defensa.com*, 15 de febrero de 2021. <https://www.defensa.com/defensa-naval/sistemas-navales-no-tripulados> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [53] «Robotic Experimentation Prototyping - Maritime Unmanned Systems Exercise :: NATO's ACT». <https://www.act.nato.int/articles/rep-mus> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [54] R. D. Infodefensa.com, «La Armada española apuesta por los vehículos no tripulados de superficie y submarinos», *Infodefensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3165936/armada-espanola-apuesta-vehiculos-no-tripulados-superficie-submarinos> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [55] R. D. Infodefensa.com, «La Armada española apuesta por los vehículos no tripulados de superficie y submarinos», *Infodefensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3165936/armada-espanola-apuesta-vehiculos-no-tripulados-superficie-submarinos> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [56] «USV Embarcación no tripulada - Sistemas», *Navantia*. <https://www.navantia.es/es/productos-y-servicios/sistemas/usv-embarcacion-no-tripulada/> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [57] R. D. Infodefensa.com, «Así es el Vendaval de Navantia, el vehículo no tripulado de superficie operativo en Ceuta», *Infodefensa*. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3208439/asi-vendaval-navantia-vehiculo-no-tripulado-superficie-operativo-puerto-ceuta> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [58] C. Martín, «Navantia realiza una demostración en Santiago de Compostela del USV Vendaval desde el puerto de Ceuta», *Ceuta Televisión | Noticias Ceuta | Producción audiovisual*. <http://ceutatv.com//art/37636/navantia-realiza-una-demostracion-en-santiago-de-compostela-del-usv-vendaval-desde-el-puerto-de-ceuta> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [59] «Sead 23». <https://seadrone.es/sead-23/> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [60] Defensa.com, «El SEAD 23 de Seadrone, uno de los USV evaluados por la Armada española-noticia defensa.com - Noticias Defensa Defensa Naval», *Defensa.com*, 8 de octubre de 2021. <https://www.defensa.com/defensa-naval/sead-23-seadrone-uno-usv-evaluados-armada-espanola> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [61] «Kaluga: el barco autónomo 100% español», *Expansión.com*, 20 de noviembre de 2017. <https://www.expansion.com/nauta360/motor/2017/11/20/5a0d7523ca4741a14f8b45a4.html> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [62] «UTEK, LEONARDO HISPANIA y MILTECH, presentan el USV “KALUGA DS” para aplicaciones de Defensa y Seguridad», *UTEK*, 26 de octubre de 2020. [http://utek.es/es/kaluga\\_ds/](http://utek.es/es/kaluga_ds/) (accedido 10 de febrero de 2022).
- [63] «LIONFISH+Ultralight.pdf». Accedido: 9 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.leonardocompany.com/documents/20142/12173285/LIONFISH+Ultralight.pdf?t=1603380536405>
- [64] «MLT-SUR-100RTM», *Miltech*. <https://www.miltech.gr/mlt-sur-100rtm/> (accedido 9 de febrero de 2022).
- [65] A. Etzioni, «Pros and Cons of Autonomous Weapons Systems (with Oren Etzioni)», *Happiness is the Wrong Metric*, pp. 253-263, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-69623-2\_16.

- [66] Escribano, «Aspis (N)», *Escribano*. <https://www.eme-es.com/aspis-n/?lang=es> (accedido 19 de febrero de 2022).
- [67] Escribano, «Guardian 2.0», *Escribano*. <https://www.eme-es.com/guardian-2-0/?lang=es> (accedido 19 de febrero de 2022).
- [68] Escribano, «Sentinel 20», *Escribano*. <https://www.eme-es.com/products/sentinel-20/?lang=es> (accedido 15 de febrero de 2022).
- [69] «LEONARDO HISPANIA, VALENCIA». <http://www.leonardohispania.es/pagina.php?p=27&subfam=10> (accedido 19 de febrero de 2022).
- [70] N. Gain, «Nexter & Naval Group to Upgrade Narwhal RWS on all French Navy Vessels», *Naval News*, 2 de marzo de 2020. <https://www.navalnews.com/naval-news/2020/03/nexter-naval-group-to-upgrade-narwhal-rws-on-all-french-navy-vessels/> (accedido 19 de febrero de 2022).
- [71] «ECONORHISPANIA - REQUISITOS DE CLASIFICACIÓN». <http://www.econorhispania.es/PRODUCTOS/REQUISITOS-DE-CLASIFICACION/econorhispania.es/PRODUCTOS/REQUISITOS-DE-CLASIFICACION/> (accedido 4 de marzo de 2022).
- [72] «FIRE FIGHTER II - Buque bombero by Eastern Shipbuilding Group | NauticExpo». <https://www.nauticexpo.es/prod/eastern-shipbuilding-group/product-28257-466128.html> (accedido 19 de febrero de 2022).
- [73] «RFA Cardigan Bay and Scan Eagle RPAS - Think Defence», 6 de enero de 2015. <https://www.thinkdefence.co.uk/2015/01/rfa-cardigan-bay-scan-eagle-rpas/> (accedido 23 de febrero de 2022).
- [74] «Scan Eagle». <http://www.navaldrones.com/Scan-Eagle.html> (accedido 16 de marzo de 2022).
- [75] «ScanEagle – Mini-UAV (Unmanned Aerial Vehicle)», *Naval Technology*. <https://www.naval-technology.com/projects/scaneagle-uav/> (accedido 23 de febrero de 2022).
- [76] «OGF 350×500 Fire Pump – Jason Engineering AS». <https://jason.no/product/ogf-350x500-fire-pump/> (accedido 5 de marzo de 2022).